

World Ecology Journal





World Ecology Journal

Наука.Мысль: электронный периодический журнал

Volume 11
Issue 2

worldecologyjournal.org
Founder: Dr. Michael M. Podkolzin

Assigned in press 15.10.2021

phone: +79275076410
mailto: info@grreview.ru
Volzsky, Russia

телефон: +79275076410
e-mail: info@grreview.ru
Волжский, Россия

Editor-in-chief

Alexandra V. Semenyutina, Dr.Sc, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, doksemenutina@mail.ru

Editorial Board

Igor P. Svintsov, Dr. Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, vnialmi@yandex.ru

Victoria A. Semenyutina, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, VSem89@mail.ru

Anatoliy V. Petelko, Dr.Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, anatoly.petelcko@yandex.ru

Irina V. Kirichkova, PhD, Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia, kirichkova.iv@yandex.ru

Aliya Sh. Khuzhakhmetova. PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, aliyaSham@mail.ru

Igor Yu. Podkovyrov, PhD, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia, parmelia@mail.ru

Reviewer Board

Valeriy I. Panov, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, PanovVI1939@yandex.ru

Alexander V. Tereshkin, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, soilzn@rambler.ru

Dmitriy A. Mashtakov, Dr. Sc., PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, Imsus1920@mail.ru

Vladimir V. Kruglyak, Dr.Sc., PhD, Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russia, kruglyak_vl@mail.ru

Elena I. Gurieva, PhD, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, gurjeva_el@mail.ru

Natalia Yu. Kulaeva, PhD, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, Russia, kulayeva@yandex.ru

Dmitriy V. Morev, PhD, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia, dmorev@rgau-msha.ru

Tatyana A. Andrushko, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, t.andruschko@yandex.ru

Indexed:

RADS, Google Scholar, CrossRef, DataCite, RCSI, DOI, Роскомнадзор (Эл № ФС 77 – 46701 от 23.09.2011)

CONTENT

Alexandra V. Semenyutina, Maxim V. Tsoi Ecological and biological features of taxa of the Cupressaceae family in dendrological collections of the dry-steppe region	4
Alexandra V. Semenyutina, Aliya Sh. Huzhahmetova, Augusta A. Dolgikh, Vasily V. Sapronov The scientific basis of enrichment of dendroflora of low-forest regions with economically valuable plants	35
Alexandra V. Semenyutina, Kristina A. Melnik Stages of formation of seedlings of various species of the genus GLEDITSIA in dry-steppe conditions	52
Alexandra V. Semenyutina, Alexander A. Khatko Assessment of the modern biodiversity of the dendroflora of the Tsaritsa River valley and ways of its ecological rehabilitation	64
Victoria A. Semenyutina, Igor P. Svintsov Substantiation of the adaptability of <i>Zizyphus jujuba</i> varieties to the climatic conditions of the Volgograd region	82
Sergey E. Lazarev, Alexandra V. Semenyutina Scientific principles of reconstruction of gardening <i>ROBINIA</i> plantings	102

СОДЕРЖАНИЕ

Александра Викторовна Семенютина, Максим Вячеславович Цой Эколого-биологические особенности таксонов семейства Cupressaceae в дендрологических коллекциях сухостепного региона	4
Александра Викторовна Семенютина, Алия Шамильевна Хужахметова, Августа Андреевна Долгих, Василий Васильевич Сапронов Научные основы обогащения дендрофлоры малолесных регионов хозяйственно ценными растениями	35
Александра Викторовна Семенютина, Кристина Андреевна Мельник Стадии формирования сеянцев различных видов рода <i>Gleditsia</i> в сухостепных условиях	52
Александра Викторовна Семенютина, Александр Анатольевич Хатько Оценка современного биоразнообразия дендрофлоры долины р. Царица и пути её экологической реабилитации	64
Виктория Алексеевна Семенютина, Игорь Петрович Свинцов Обоснование адаптивности сортов <i>Zizyphus jujuba</i> к климатическим условиям Волгоградской области	82
Сергей Евгеньевич Лазарев, Александра Викторовна Семенютина Научные принципы реконструкции озеленительных робиниевых насаждений	102

Эколого-биологические особенности таксонов семейства Cupressaceae в дендрологических коллекциях сухостепного региона

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Максим Вячеславович Цой

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Поступила в редакцию 07.03.2021

Принята 09.07.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/q2423-4851-2863-i

Аннотация

Актуальность связана с расширением зеленого строительства на новых территориях в разнообразных и нередко тяжелых природных и агротехнических условиях возникла потребность в широком и разнообразном по биологическим и техническим свойствам ассортименте древесных пород и разработке дифференцированных методов их выращивания. Интродукция должна быть основана на обстоятельном изучении существующего опыта интродукции и знании стран – источников интродукции, истории формирования того или иного вида, учета экологических особенностей местообитаний, вертикальной зональности, существования географических и эдафических форм. Цель исследования заключалась в изучении эколого-биологических особенностей таксонов семейства Cupressaceae Bartl. в дендрологических коллекциях сухостепного региона. Исследованы шесть древесных вида семейства Cupressaceae, произрастающие в дендрокolleкциях ФНЦ Агроэкологии РАН: *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco. Изучены естественные ареалы объектов исследования. Выявлено, что виды подсемейства Thujoideae встречаются как в северном, так и в южном полушарии, виды подсемейства Juniperoideae (род *Juniperus*) – в умеренных областях северного полушария. Фенологические наблюдения выявили, что рост хвои у можжевельника обыкновенного начинался одновременно с ростом побегов в конце марта - начале апреля (на 1-1,5 месяца раньше, чем на родине), Период роста хвои продолжался 2-2,5 месяца, побегов – 135-180 дней. В ходе наблюдений за динамикой роста сеянцев, были получены метрические показатели сеянцев, 1-летние сеянцы *Platycladus orientalis* – 16-18 см, *Thuja occidentalis* – 9-14 см, *J. communis* – 10-15 см, *J. sabina* – 14-16 см, *Juniperus virginiana* – 14-16 см высотой. Анализ изменчивости морфологических признаков и биоэкологических свойств, адаптаций в новых условиях среды имеют большое значение для биоэкологического обоснования введения в культуру древесных таксонов семейства Cupressaceae. Этот анализ затрагивает оценку

природного разнообразия растений с таких важных сторон, как скорость роста, устойчивость и декоративность, сведений о которых в засушливых условиях крайне мало.

Ключевые слова

Декоративность, адаптация, *Thuja*, *Juniperus*, *Platycladus*, биоресурсы, биоэкологические свойства, Cupressaceae, дендрологические экспозиции, таксоны

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200195-4 «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России»), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Семейству кипарисовых принадлежит 20 родов, насчитывающих около 145 видов. Это втрое по величине и хозяйственному значению семейство после сосновых. Широко распространено по земному шару и имеет много представителей как в южном, так и в северном полушарии (Kahveci, 2018).

Увеличение числа видов хвойных растений для озеленительных и лесомелиоративных целей ограничивается отсутствием разработанного ассортимента, пригодного для тех или иных условий, а также биологически обоснованной агротехники выращивания их в условиях аридного климата и наличия маточников.

В видовом составе растительности Волгоградской области насчитывается только один вид хвойных (можжевельник казацкий). Интродуцированные и аборигенные хвойные могут играть важную роль в озеленении здравниц, городов, населенных пунктов. Хвойные выделяют фитонциды, благотворно влияющие на здоровье человека, в отличие от лиственных пород декоративны и обогащают воздух кислородом в течение всего года (Arzac, 2016; Castaldi, 2020; Ganguli, 2016; Ganguli, 2018; Hoff, 2018).

Введение растений в новые условия в основном производится выращиванием их из семян. Поэтому для успешной интродукции очень важно знать биологические особенности молодого возраста растений, вводимых в новые условия. Экзоты, как правило, сильнее реагируют на изменение условий существования, чем местные виды. Интродуцированные растения, поэтому представляют собой весьма ценные и интересные объекты для исследования биологических закономерностей в онтогенезе и изучении сущности процесса адаптации (Msanne, 2017; Ogunkunle, 2019).

Материалы и методы исследования

Объекты исследования виды семейства Cupressaceae, произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН: *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco (таблица 1) (Хвойные таксоны).

Таблица 1. Хвойные таксоны

Вид	Возраст, лет	Высота, см	Диаметр ствола на 1,3 м, см
<i>Juniperus virginiana</i> L.	20	500±25	10±0,3
<i>J. communis</i> L.	11	190±10	4±0,2
<i>J. sabina</i> L.	9	50±5	-
<i>Thuja occidentalis</i> L.	11	400±20	7±0,3
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	20	380±17	12±0,5



Рисунок 1. Дендрологические коллекции хвойных таксонов ФНЦ агроэкологии РАН.

Изучение сезонных ритмов развития интродуцентов проводилось методом фенологических наблюдений Главного ботанического сада (таблица 2).

Таблица 2. Условные обозначения фенологических фаз

Наблюдения над вегетативными побегами	Наблюдения над генеративными побегами
Пб ¹ - набухание вегетативных почек	Ц ¹ - набухание генеративных почек
*Пб ² - распускание почек	Ц ² - распускание генеративных почек
Пб ³ - начало роста побегов	Ц ³ - обособление мужского и женского колосков
Пб ⁴ - окончание роста побегов	Ц ⁴ - начало пыления
О ¹ - одревеснение основания побегов	Ц ⁵ - конец пыления
О ² - полное одревеснение побегов	Пл ¹ - смыкание семенных чешуи, формирование шишки
Л ¹ - начало обособления хвои	Пл ² - изменение окраски шишкочагод и опробковение наружных чешуй шишек
Л ² - полное обособление хвои	Пл ³ - полное созревание шишек и шишкочагод
Л ³ - осеннее пожелтение хвои	Пл ⁴ - рассеивание семян
Л ⁴ - опадение хвои или веток	Пб ₁ - набухание вегетативных почек.

Thuja occidentalis L. — туя западная широко распространена в Сев. Америке, образует густые, часто непроходимые леса по болотам и в местах с близкими грунтовыми водами. Встречается на скалистых берегах горных рек и по речным долинам. Хорошо растет на свежих, влажных, глинистых почвах, хуже на известковых. Больше всего встречается в северных штатах Сев. Америки, где достигает 95 м высотой, южнее менее распространена и меньших размеров, на юге Аппалачских гор отмечена только на небольших высотах (рисунок 2).

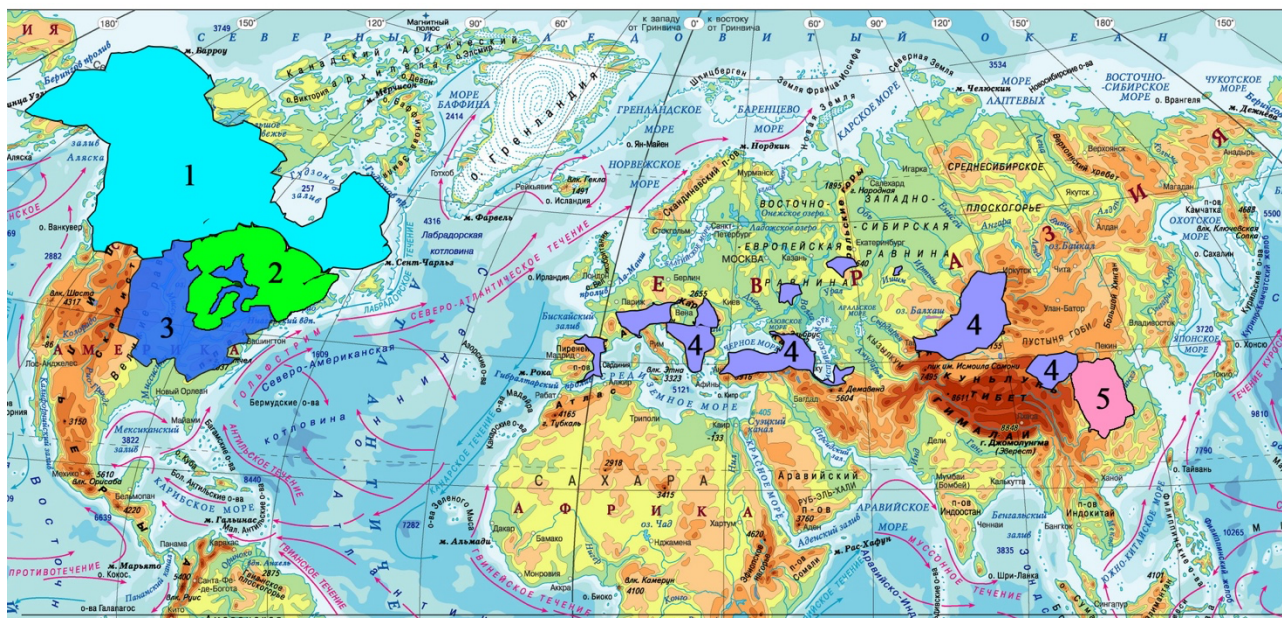


Рисунок 2. Ареалы видов семейства Cupressaceae: 1 - *Juniperus virginiana* L., 2 - *Thuja occidentalis* L., 3 - *J. communis* L., 4 - *J. sabina* L., 5 - *Platycladus orientalis* (L.) Franco

Выявление видового и формового разнообразия на основании обследования и изучения справочных и ведомственных материалов ФНЦ агроэкологии РАН, Нижневолжской станции по селекции древесных пород филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Характеристика декоративности, роста и развития в условиях светло-каштановых почв, оценка репродуктивной способности, особенности размножения различных видов в культуре выявлялись по методикам ФНЦ агроэкологии РАН.

Климатограмму формировали на основе данных архива погоды портала «gr5.ru». Для изучения семенного материала был применен метод определения массы 1000 семян (ГОСТ 13056.1-67). Для статистической обработки данных использовались стандартные алгоритмы: средняя арифметическая с абсолютной и относительной ошибками, коэффициент вариации, точность опыта. Подсчеты проводились в программе «Excel» (Semenyutina, 2018; Semenyutina, 2014).

Широко: культивируется в Сев. Америке. В Европе с 1545 г. (А.И. Забелин). В Никитском саду введена в культуру в 1809 г., распространена на территории от широты Архангельска до Черного моря. Всюду растет успешно, не обмерзает и плодоносит (Pérez-Luna, 2020; Riddle, 2014; Seim, 2016).

На Южном берегу Крыма (Никитский сад) на сильно вскипающей серо-бурой почве погибла от засухи. Сохранившаяся в полутени форма туи западной в возрасте 40 лет 3,5 м высотой, за пределами Южного берега Крыма, сохранились единичные экземпляры. В степном Крыму растет значительно лучше, на Черноморском побережье Кавказа растет хорошо.

На Лесостепной станции в 28-летнем возрасте высота деревьев 6,0 (7,0) м. Начало плодоношения отмечено с 10-летнего возраста. В последние 10-13 лет плодоношение ежегодное и обильное. Под кроной деревьев туи наблюдается обильный самосев, но он в этот же год почти полностью погибает. В условиях лесостепи туя западная хорошо выдерживает сильные засухи. Является вполне зимостойкой породой.

Туя западная в природе — дерево или кустарник до 12 (29) м высоту и 60-90 (180) см в диаметре. В 11 лет 3,5, 5 м высоту. Кора трещиноватая; серовато-коричневая, отслаивающаяся в виде лент, побеги 1-2-го года плоские, ветвятся в горизонтальной плоскости двурядно; 3-летние побеги цилиндрические с красно-коричневой корой. Хвоя овальная, острая или заостренная, с железкой на наружной стороне, ярко-зеленая сверху, желтовато-зеленая снизу, в зиму принимает буро-зеленую окраску (Pérez-Luna, 2020; Rundel, 2019; Rundel, 2014; Seim, 2016), (рисунок 3).



Рисунок 3. Туя западная в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН



Рисунок 4. Шишки туи западной

Platycladus orientalis (L.) Franco – плосковеточник восточный, естественная область распространения — горы Северного Китая (провинции Шэнси и Шанси), В умеренной зоне летнезеленых лесов, характеризующейся сухой и холодной зимой, засушливой весной и теплым влажным летом. Растет на каменистых почвах, с маломощным почвенным покровом, достигая высоты более 2 м и 2,7 м в диаметре, по южным склонам на высоте до 1000 м над уровнем моря вместе с сосной китайской и лиственными породами. Является обычным деревом к западу от Пекина, широко и с давних времен культивируется в Китае и Японии (рисунок 2).

Плосковеточник восточный — однодомное дерево высотой 5,7 м. Кора темно-серая или красно-бурая, отслаивающаяся. Ветви плоские, крепкие, желто-красные, узловатые, расположены в вертикальной плоскости, благодаря чему этот вид легко отличается от туи западной. Побеги зеленые. Хвоя молодых растений игловидная, взрослых - чешуевидная, расположенная крест-накрест супротивно, с обеих сторон зеленая, по форме и величине похожа на хвою туи западной, отличается туповатой верхушкой и ланцетовидной вдавленной спинной железкой срединных чешуек (рисунок 5).



Рисунок 5. Плосковеточник восточный

Мужские шишки закладываются за год до пыления (в августе) на концах коротких пазушных побегов, а женские — в верхней и средней части кроны на концах боковых побегов также за год до пыления. Мужские шишки шаровидные, 4 парами накрест расположенных щиткообразных чешуек, каждая из которых с 4 пыльниками.

Молодые женские шишки вверх направленные, округло яйцевидные, мясистые, сизо-зеленые, с 6-8 крест-накрест супротивными чешуйками, черепитчато налегающими одна на другую. Зрелые шишки коричнево-бурые, с деревянистыми утолщенными чешуйками, несущими на наружной поверхности верхушки отростки, обращенные назад. Верхние чешуйки бесплодные, средние имеют по одному семени, а нижние — по 2. Семя бескрылое, темно-коричневое, яйцевидное, с плотной оболочкой и со светлым пятном при основании, занимающим 1/4 всей поверхности (Semenyutina, 2018; Semenyutina, 2014; Sapronova, 2020).

Шишки созревают в условиях Ташкента в год пыления, в конце августа - начале сентября раскрываются и семена быстро выпадают. Вес 1000 шт. семян 27,7 г.

Плосковеточник отличается от близких к ней родов туи, либоцедруса и кипариса более или менее прямыми или вверх приподнятыми ветвями, разветвляющимися в одной плоскости и

образующими как бы систему пластин, радиально расходящихся от общей центральной оси, ярко-зеленой одноцветной с обеих сторон хвоей, не имеющей белых устьичных пятен, вдавленной ланцетовидной железкой срединных чешуек, округлыми мясистыми, голубовато-зелеными рогатыми шишками в молодости, становящимися в зрелости темно-коричневыми, деревянистыми и бескрылыми коричневыми яйцевидно-овальными семенами, 5-6 мм длиной с белым пятном в основании.

Juniperus communis L. — можжевельник обыкновенный, распространен *J. communis* почти на всей территории холодной и умеренной Европы и Азии. Растет от дальнего Севера до стран Средиземного моря, в Малой Азии, в Персии, Афганистане, в восточных Гималаях, от Португалии до Кавказа и далее через Сибирь до Камчатки и Охотского побережья. Встречается в США и в Канаде (рисунок 2).

Столь широкий ареал можжевельника обыкновенного указывает на способность произрастать в самых разнообразных экологических условиях: от крайнего севера до субтропических районов, в условиях полярного длинного дня и короткого дня юга, короткого вегетационного периода на севере и длинного на юге, при абсолютном зимнем минимуме температуры - 60°C и абсолютном максимуме +40°C. Растет на различных почвах: песчаных, известковых, суглинистых, сухих, влажных, иногда даже на болотах, довольствуется малоплодородной почвой. Заморозками и высокой температурой не повреждается, но трудно переносит восточные сухие и холодные ветры, поэтому в степи не встречается. Встречается под пологом леса. Переносит затенение, но лучше растет на открытых местах, на крайнем юге наблюдается в горах (Semenyutina, 2018; Semenyutina, 2014; Sapronova, 2020).

По наблюдениям, проведенным в Швеции, на малоплодородных почвах преобладают мужские экземпляры, на более плодородных — женские. В изреженном лесу отмечено 7% стерильных растений, в густом — 23%.

Можжевельник обыкновенный соответственно своему обширному ареалу и разнообразию экологических условий, в которых он произрастает, весьма изменчив.

В природе это довольно крупное дерево, высотой до 17 м или кустарник. Так, около г. Ломоносова, есть два дерева высотой до 11 м, в Скандинавии, в северо-восточной части Норвегии, дерево можжевельника обыкновенного высотой 17 м, с диаметром на высоте груди 21,2 см в возрасте 85-90 лет (рисунок 6).



Рисунок 6. Можжевельник обыкновенный

Шишкоягоды с приятным ароматом, содержат виноградный сахар и эфирные масла, употребляемые в медицине, ликерном и парфюмерном производстве.

Можжевельник обыкновенный издавна введен в культуру в Западной Европе и странах СНГ. В Средней Азии в культуре почти не встречается.

Мужские шишки пазушные, овальные, 3-4 мм длиной, желтые, закладываются с осени. Женские шишки очень маленькие, светло-зеленые, с черепитчатыми, широкояйцевидными, заостренными чешуями и с тремя беловатыми семяпочками, закладываются за год до пыления.

Шишкоягоды почти сидячие (на очень коротких — 1 мм длиной ножках), одиночные; зрелая шишкоягода иссиня-черная, 9-11 мм в поперечнике, округлая, заключает 1-3 семени, созревает на 2-й год. На одной и той же ветке встречаются 1-летние и 2-летние шишкоягоды. На вершине шишкоягоды видна трехлучистая звездочка — след срастания чешуй.

Семена продолговато-трехгранные, 3,5-5 мм длиной, 2,53 мм толщиной, у вершины суженные, иногда морщинистые (недоразвитые), буроватые, матовые, с твердой оболочкой и многочисленными смоляными железками. Зародыш с двумя семядолями, занимает почти все семя.

Семена, посеянные осенью, дают всходы в апреле следующего года, а иногда и на 2-й год — в марте-апреле. При весеннем посеве (март) — через год, в апреле. Свежесобранные семена при осеннем посеве прорастают одновременно.

Грунтовая всхожесть семян 70-80%. Всходы с 2 семядолями, подсемядольное колено 2,1 см длиной, 1 мм толщиной, карминно-красное. Семядоли линейные, 8-12 мм длиной, 1-1,7 мм шириной, жесткие, на верхушке тупые, снизу ярко-зеленые, сверху сизоватые, на верхней стороне в виде отдельных точек расположены устьица. Первые листья (хвоя) супротивные, 8-15 мм длиной и 0,6-1 мм шириной, жесткие, изогнутые вверх, на верхушке с вытянутым колючим острием, сизо-зеленые сверху, с широкой голубоватой устьичной полоской в середине. Последующие листья в мутовках по 4, по морфологии сходны с первыми (Semenyutina, 2020; Semenyutina, 2021).

Juniperus sabina L. — можжевельник казацкий широко распространен в Центральной и Юго-Восточной Европе, на Кавказе (горы главного Кавказского хребта и на хребтах Аджаро-Имеретинском и Тriaлетском, исключая Армению и Талыш), Южном Урале, в степной зоне Сибири и Казахстана, в Зап. Саянах, в горах Сев. Монголии, в Средней Азии (Тянь-Шань, Джунгарский Алатау, Тарбагатай). Высотные пределы его распространения до 2100 м над уровнем моря (рисунок 2).

Растет на самых разнообразных почвах гор и равнин: песках и меловых отложениях, известняках и глинах, по каменистым склонам гор, чаще в степной области, чем в лесной.

Можжевельник казацкий является типичной формой стелющегося кустарника. В пределах этого вида встречаются лишь единичные древовидные формы с узкопирамидальной кроной высотой до 8 м (*J. sabina fastigiata* Boom.) или прямостоячие кустарники (*J. sabina erecta* hort.), приуроченные к европейской части ареала. Форма стланца у можжевельника казацкого значительно отличается от формы дерева по сравнению с можжевельником туркестанским. В отличие от можжевельника туркестанского у м. казацкого наблюдается дифференциация побегов на ползучие быстрорастущие, вегетативные, образующие приземистый скелет стланца, и растущие вверх, более короткие, генеративные, представляющие собой боковые ветви третьего и более высоких порядков. Эти ветви составляют основную массу приподнимающихся побегов по всей куртине стланца. Их высота не превышает 50—70 см. Развитие и быстрый рост ползучих скелетных укореняющихся побегов одного экземпляра можжевельника казацкого приводит к формированию крупных куртин диаметром до 15-20 м.

Все части растения при растирании издают резкий неприятный запах. Кора гладкая, красновато-серая. Побеги темно-зеленые, округлые. Хвоя у взрослых (плодоносящих) растений чешуевидная, 1-2,5 мм длиной, 0,6-0,7 мм шириной, расположена черепитчато, ромбическая или удлиненно-ромбическая, острая или притупленная, прижатая к побегам, лоснящаяся, с килем и овальной смоляной железкой снизу. Хвоя на молодых растениях, а иногда на нижних ветвях плодоносящих растений, ювенильная — игловидная или промежуточного типа, постепенно переходящая в чешуевидную. Ювенильная хвоя — 8 мм длиной и 0,7-0,9 мм шириной,

тонкозаостренная, шиловидная, с низбегающим основанием, колючая, снизу выпуклая, с длинной светлой железкой у основания, сверху вогнутая, с беловатыми устьичными полосками. Расположена она супротивно или в мутовках по три, с приросшими к побегу основаниями и низбегающими до игл следующей мутовки, отстоящие от побега на всем протяжении. Хвоя сохраняется 3 года.

Растения двудомные, реже однодомные. Мужские шишки верхушечные, овальные. Шишкоягоды одиночные, 5-7 мм длиной, от округлоовальных до приплюснуто-шаровидных, бурочерные, покрытые сизым налетом, состоят из 4-6 сросшихся чешуй на коротких, обычно согнутых ножках (2-7 мм дл.), поникающие, двух-четырёхсеменные, редко односеменные. Семена яйцевидные или ромбические — более или менее бороздчатые, темно-коричневые, блестящие.

Juniperus virginiana L. - можжевельник виргинский, распространен на востоке Северной Америки, от Мексиканского до Гудзонова залива. В восточных штатах растет в Виргинии, Техасе, Луизиане, Алабаме, Джорджии и Флориде, Мичигане и в Мейне, на севере доходит до юга полуострова Новая Шотландия, на западе встречается от Атлантического побережья до штатов Сев. Каролина и Виргиния; на востоке до сухих приеральных штатов Канзаса, Небраски и южной Дакоты (рисунок 2).

На востоке прибрежной полосы Атлантического океана распространена форма можжевельника виргинского с узкой, конической кроной. Узкие колоновидные формы обычны для Северной Виргинии, более широко пирамидальные — типичны для юга. Можжевельник с шаровидной или яйцевидной кроной встречается от Канады до Флориды и на востоке Скалистых гор, а в остальных частях типична его обычная и сизая форма. В штате Мэриленд, у северной границы, можжевельник виргинский достигает 12-15 м высотой и 1,10 м в диаметре, а в Восточном Техасе и Северной Флориде, в южных частях ареала 24-30 м высотой и 1,5 м в диаметре.

Можжевельник виргинский растет в различных почвенных условиях: на сухих, бедных, гравийных склонах гор, а также по речным галечниковым террасам, вдоль берега океана, на очень скалистых выступах. На юге встречается на болотах и на более влажных почвах долин рек и ручьев. Хорошо растет на свежих светлых глинистых, суглинистых, известняках и песчаных почвах (рисунок 7).

До заселения Америки европейцами виргинский можжевельник рос обширными рощами. В настоящее время от прежних рощ остались лишь отдельные деревья. Одной из причин уничтожения его в США явилась расчистка местности под поля и фермы, второй — получение древесины для производства карандашной дощечки.

В Европе можжевельник виргинский культивируется с 1664 г. Значительные насаждения для получения карандашной древесины имеются в ФРГ. В Южном Африканском союзе известен с 1880 г. В России впервые появился на Украине в 1811 г. после интродукции Кременецким садом на Волыни. В Никитском ботаническом саду введен с 1815 г. В дальнейшем широко распространился на юге Украины, в Крыму, на Кавказе, в Молдавии, в южной Белоруссии и Средней Азии после присоединения ее к России.

Можжевельник виргинский в 10-11-летнем возрасте достигает 5,61 м высотой и 7,7 см в диаметре на высоте груди, средний годичный прирост по высоте равен 37,4 см. Крона с поднимающимися или свисающими веточками, формирующими сначала узкую, яйцевидную, а позже с возрастом широко пирамидальную, раскидистую крону. У молодых растений ветви начинаются почти от уровня почвы, позже с возрастом стволы постепенно очищаются, и в значительной степени теряется декоративность. Кора серая или красновато-бурая. Побеги очень тонкие, сизовато-зеленые, неясно-четырёхгранные (Singh, 2020; Sillett, 2021; Xu, 2018).



Рисунок 7. Можжевельник виргинский

Результаты и обсуждение

При осеннем и весеннем (март) посевах всходы появляются в апреле-начале мая. Семена, посеянные в мае, дают всходы через 20-25 дней. При августовских сроках посева всходы появляются в октябре того же года (через 30-45 дней). Семена, посеянные в июне, всходят в течение лета и осени этого года, а единичные всходы наблюдаются через год после посева. Всходы из семян, полученных из северных районов, появляются раньше, чем из южных.

Первичная хвоя игловидная, мягкая, короткая, 4-5 мм длиной, заостренная, снизу сизовато-зеленая или зеленая, сверху блестящая, с устьичными полосками и выделяющейся жилкой (рисунок 8).

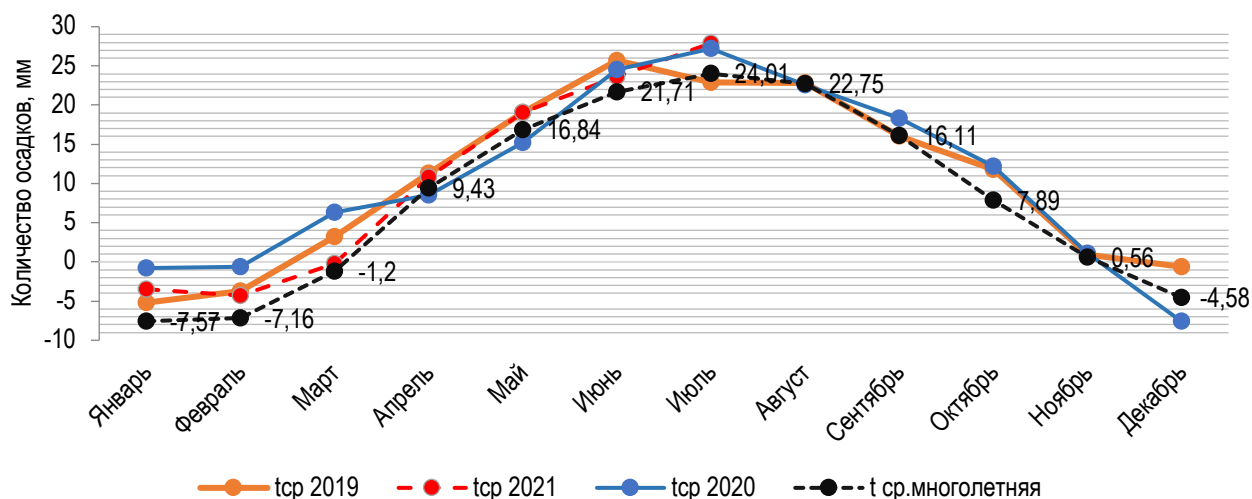


Рисунок 8. Температурный режим в годы исследования

Первая пара первичных хвоинок, супротивно расположенная в мутовках по 3-4 шт. Семядоли желтеют в конце 1-го. года, засыхают и опадают в течение зимы. В 1-й год растения достигают 9-13 см высотой, с боковыми веточками и настоящей чешуевидной хвоей. Чешуевидная хвоя образуется на побегах второго-третьего порядка ветвления. В отличие от плосковеточника у сеянцев туи западной в 1-й год не образуется боковых побегов с ювенильной хвоей (рисунок 9).

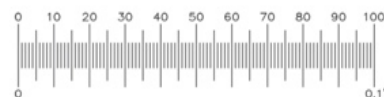


Рисунок 9. Побеги туи западной

Главный корень сеянца растет быстро и в фазе семядолей при высоте надземной части 0,3 м достигает 3,8 см дл. Через 20-25 дней после появления всходов на главном корне образуются боковые корни первого порядка, главный корень 8-9 см дл. Главный корень в фазе образования первого бокового ответвления на стебле достигает 12,8 см дл. В период формирования боковых побегов на стебле рост корней замедляется.

На 2-й год жизни рост хвои и побегов начинается в первой декаде апреля. На главном побеге сначала образуется первичная хвоя. Позднее появляется промежуточная, а затем настоящая хвоя, типичная для данного вида. На 3-й год жизни формируется только чешуевидная хвоя. При поломках или сильной обрезке на отрастающих побегах сначала появляется первичная хвоя, а затем настоящая (рисунок 10).



Рисунок 10. Побеги туи западной

Сеянцы страдают от высоких температур и сухости воздуха, часто на хвое можно наблюдать солнечные ожоги, поэтому посевные гряды следует затенять. Особенно сильно страдают сеянцы при нерегулярном поливе и подсушивании почвы. Сохранность сеянцев при соблюдении хорошего ухода в 1-й год 65-70%. Крона и корневая система в последующем формируется по тому же типу, что и у биоты. Туя западная в 1-е годы жизни растет медленно, с 4-5-го года прирост побегов увеличивается. Наиболее интенсивно побеги растут в первую половину вегетации с некоторым замедлением в июле-августе. С августа темп роста вновь усиливается.

Первое цветение наблюдается на 5-6-й год жизни при достижении четвертого-пятого порядка ветвления побегов. При первом цветении часто образуются только мужские шишки, а женские — год спустя. Мужские и женские шишки закладываются в августе, за год до цветения (рисунок 11).



Рисунок 11. Пыление туи западной

У 3-летних сеянцев, выращенных из семян, полученных из Венгрии (всходы появились в июне), уже на 3-й год образовались женские шишки. Плодоношение у растений, дошедших до цветения, в условиях Ташкента ежегодное и обильное. У растений, высаженных на открытых местах, часто наблюдается хлороз. Обильный полив и защита от юго-западных лучей солнца улучшает состояние растений.

В зиму хвоя буреет, весной зеленая окраска восстанавливается. Обмерзания сеянцев (за исключением 1-2-летних) не наблюдается.

Большинство форм туи западной начинают плодоносить значительно позже основного вида. Всхожесть семян у декоративных форм очень низкая, кроме того, при выращивании из семян редко наследуется материнская форма. Размножаются черенками.

При летних (август) и раннеосенних (сентябрь) сроках посева свежесобранных семян всходы плоскостебельника появляются через 13-15 дней, но сеянцы, не успев окрепнуть, в массе погибают зимой. При более поздних осенних посевах (ноябрь) семена всходят в марте — начале апреля следующего года, а при весеннем (март-апрель) — через 30-35 дней. Сеянцы, позднеосенних и весенних посевов вырастают более крепкими и устойчивыми к неблагоприятным условиям среды.

Всходы плоскостебельника с 2 семядолями. Подсемядольное колено цилиндрическое, книзу несколько утолщенное, до 3 см длины и 1,2 мм толщиной, голое, коричневое. Семядоли 18-25 мм длиной, 3-4 мм шириной, плоские, тонкие, с закругленной туповатой верхушкой, ярко-зеленые, с сизым налетом сверху, хорошо выраженной более темной жилкой и несколькими устьичными полосками на верхней стороне, снизу — светлее.

Вслед за семядолями из почки, заключенной между ними, появляется пучок хвоинок, затем вырастает стебелек, несущий супротивные хвоинки, 15 мм длиной, 1 мм шириной, линейношиловидные, трехгранные, на верхушке заостренные, сверху зеленые, снизу сизоватые, с устьичными полосками с нижней стороны и утолщенной зеленой жилкой. Последующая хвоя расположена мутовками по четыре, крест-накрест-супротивно. Морфологически она сходна с первичной хвоей.

Корень стержневой, сначала светло-коричневый, затем темнеющий. Одновременно с ростом надземной части быстро растет главный корень, достигающий в фазе семядольных листочков 8,5 см длиной. С появлением на стебле мутовчато расположенной хвои на главном корне формируются боковые. Спустя 30-35 дней после появления всходов начинается ветвление стебля. С ростом боковых ювенильных побегов на стебле на боковых корнях развиваются корни второго порядка.

Сеянцы растут быстро. В конце 1-го года формируется разветвленная крона из побегов первого — второго-третьего порядков ветвления. На главном стебле и побегах первого порядка хвоя первичная, игольчатая, на побегах второго порядка ветвления и выше вырастает чешуевидная хвоя. Стебель 1-летних сеянцев достигает 16-18 см высотой при диаметре у корневой шейки 5-10 мм. Семядоли желтеют и отмирают в октябре-ноябре 1-го года.

Главный корень в 1-й год растет быстро, достигая 16-18 см длиной. На корнях первого порядка отмечены корни второго и третьего порядков ветвления. Радиус боковых корней не выходит за пределы кроны. Наибольшая масса корней сосне в верхнем горизонте почвы. Эндотрофной микоризы на корнях не наблюдалось, отмечена эктотрофная микориза (рисунок 12).

Рост стебля на 2-й год жизни сеянца обычно начинается в конце марта-начале апреля. Сначала растет хвоя на верхушках прошлогодних побегов, затем начинается отрастание новых побегов с одновременным формированием на них хвои. На растущем главном побеге и побегах первого порядка ветвления образуется первичная игольчатая хвоя, а из пазухи ее на укороченных боковых побегах формируется чешуевидная настоящая хвоя. Наиболее значительный рост побегов наблюдается в первую половину вегетации с некоторым замедлением темпа роста в июле до середины августа. В конце августа и сентябре рост побегов вновь ускоряется. Развитие побегов и хвои продолжается до конца октября (рисунок 13).

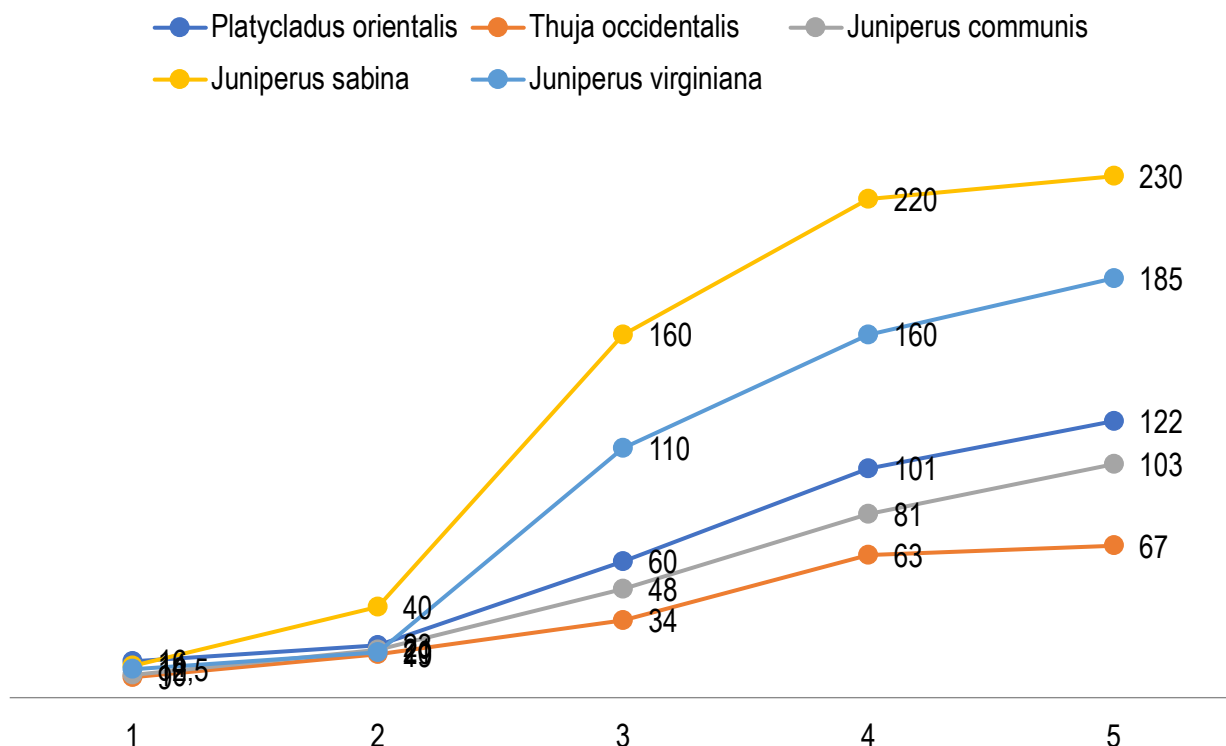


Рисунок 12. Динамика роста растений видов семейства Cupressaceae

Главный корень сеянца на 2-й год жизни продолжает быстро расти и к концу вегетационного периода достигает 35 см длины. Боковые корни образуют густо разветвленную сильную поверхностную корневую систему. В росте корней, как и в росте надземной части, наблюдается некоторая периодичность: сильный рост с конца февраля до июня, слабый — в июне-августе и вновь усиливающийся в сентябре, октябре. Интенсивный рост главного корня происходит у сеянцев до 3-4-летнего возраста, затем — более замедленный.

Интенсивность роста сеянцев плосковеточника зависит от сроков посева, происхождения семян и ухода за сеянцами. Наиболее значительный рост отмечен у сеянцев, выращенных из семян южного происхождения (Китай, Адлер, Батуми, Ашхабад), наименьший — у сеянцев из семян, полученных из Чехословакии и Украины.

Сеянцы плосковеточника в условиях полива растут быстро. Наиболее быстрый рост побегов происходит с 3-4-го года жизни до 7-8-летнего возраста, т. е. до начала обильного плодоношения.

При поломках, подрезке, обмерзании побегов крона быстро восстанавливается. Значительное удаление или потеря большого количества побегов приводит к омоложению побегов: на отрастающих побегах формируется ювенильная (первичная) хвоя, которая в дальнейшем заменяется чешуевидной.

Ювенильная хвоя отмирает на 2-й год по мере одревеснения побега, несущего эту хвою. Длительность жизни чешуевидной хвои 4-5 лет, после чего она засыхает и побеги покрываются корой. Плосковеточник в любом возрасте хорошо переносит пересадку при ранневесеннем и раннеосеннем срок, обильном поливе и хорошем уходе.

Первое пыление у плосковеточника наблюдается на 3-6-й год 1 побегов 4-5 порядков ветвления. При первом пылении мужские шишки появляются на год раньше женских. В конце марта — начале апреля, в зависимости от погоды, пыльники растрескиваются, и пыльца высыпается. Пыльца пере носится ветром. Ее обычно так много, что при малейшем дуновении ветра образуется целое облако. Шишки созревают в 1-й год в конце августа — начале сентября. Созревшие шишки растрескиваются и семена быстро высыпаются, этому медлить со сбором-семян не следует. Пустые шишки могут висеть на дереве 2—3 года.



Рисунок 13. Побеги плосковеточника восточного

Утверждение некоторых исследователей о том, что созревание шишек плосковеточника происходит на 2-й год — ошибочно. Зарекомендовала себя как неприхотливое и устойчивое растение. Сеянцы до 4-летнего возраста иногда обмерзают, но быстро восстанавливают крону (рисунок 14).

Главный корень можжевельника обыкновенного по выходе из семени растет быстро, углубляясь в почву на 6,5—7 см. Семядоли расправляются, хвоинки, находящиеся между ними, располагаются мутовками на удлиняющемся главном побеге: на главном корне в этот период закладываются боковые. Корень растет быстрее стебля. При высоте стебля 5 см длина главного корня достигает 14 см. Семядоли желтеют в июле и вскоре опадают. В средней части побега в пазухе хвои закладываются почки. Через месяц из них образуются короткие побеги. Главный корень в этот период растет слабо. Рост стебля продолжается до июля, затем приостанавливается в росте, а с понижением температуры темп роста стебля усиливается и продолжается до заморозков. Рост корней возобновляется в августе, но ветвления корней не отмечено. В конце 1-го года сеянцы достигают 8 см высоту при диаметре у корневой шейки 1,5 мм. На стебле имеется до 10 первичных хвоинок. Сохранность сеянцев — 62-70%. В зимний период хвоя приобретает слабый буроватый оттенок.

Весной, в марте, следующего года сначала трогаются в рост корни, а в апреле — побеги. В течение 2-го года часто происходит значительный рост боковых побегов и у сеянцев образуется очень красивая крона яйцевидной формы. Высота 2-летнего растения 18-21 см, длина хвои 1,3 см, ширина хвои 1 мм. Рост побегов заканчивается в конце сентября. Корневая система сильная, густо разветвленная.

В первые 3 года сеянцы можжевельника растут слабо, на 4-5-й год рост побегов усиливается, прирост достигает 45-50 см. На 4-5-м году отмечено первое заложение женских шишек, первые

шишкоягоды созрели через год, семена полноценные (из них выращены сеянцы, которым в настоящее время 2-3 года). Можжевельник обыкновенный ежегодно обильно плодоносит. Имеется самосев.



Рисунок 14. Шишки плосковеточника восточного

Всходы, появившиеся в июне, развиваются быстро и начинают плодоносить на год раньше, чем растения, выросшие из более ранних всходов.

У можжевельника казацкого рост стебля в 1-й год вегетации идет по восходящей кривой с некоторым замедлением в июне, июле и повышением в августе после спада высокой температуры. В сентябре-ноябре рост заканчивается. В 1-й год образуется 9-12 пазушных побегов, 1,8-2,4 см длиной, несущих более короткую про межуточного типа игловидную хвою. Высота стебля к концу вегетации достигает 14-16 см. Хвоя с наступлением осенних похолоданий буреет (рисунок 15).



Рисунок 15. Побеги можжевельника казацкого с пыльниками

Главный корень в фазе семядолей 5,4 см длиной, с боковыми корнями первого порядка. Одновременно с ростом главного корня в длину на нем формируются боковые корни. К концу года при высоте надземной части 8-10 см главный корень достигает 18-20 см, имеет боковые корни второго порядка. Рост корней на 2-й год вегетации начинается в конце февраля, в марте, а надземной части — в начале апреля. Сеянцы можжевельника казацкого с первых лет растут быстро. Прирост побегов на 2-й и последующие годы достигает 40-60 см в год. У стелющихся форм рост побегов более замедленный

— 8-12 см в год. Корневая система у такого 2-летнего растения, разветвленная с большим количеством мелких тонких корешков 3-4 порядка ветвления. Длина главного корня 22 см при высоте надземной части 16 см.

Можжевельник казацкий хорошо переносит пересадку. После пересадки формируется густая поверхностная корневая система с массой мелких мочковатых корней.

На 3-4 год жизни (в зависимости от происхождения семян и сроков посева) на побегах второго-третьего порядка появляется хвоя промежуточного типа, переходящая постепенно в чешуевидную. На 4-й год жизни у растений на побегах третьего-четвертого порядка ветвления появляются мужские шишки. Женские шишки образуются на 5-й год жизни на побегах четвертого-пятого порядка ветвления, несущих настоящую хвою. Семена созревают на 2-й год. Семена первого плодоношения обычно не дают всходов. Ювенильная игловидная хвоя отмирает на 2-й год жизни по мере одревеснения несущего ее побега.

У можжевельника виргинского при осенних посевах (октябрь-ноябрь) свежесобранными семенами всходы появляются в марте, а при весенних — через год. Грунтовая всхожесть местных семян 43-52%, а у семян, полученных по индексам, 25-50%. Снегование, стратификация в течение 3-4 месяцев ускоряют появление всходов.

Всходы с двумя семядолями, семядоли линейные, зеленые, снизу блестящие, сверху матовые, на верхушке тупые или слегка выемчатые, 13-15 мм длиной и 1 мм шириной. Подсемядольное колено красно-коричневое, 2,3 см длиной и 1 мм толщиной. Первые два листа супротивные, мягкие, с колючей верхушкой, с обеих сторон сизоватые, 9-1 мм длиной и около 1 мм шириной, последующие — по 4 в мутовке и по 3 на боковых веточках. Семядоли опадают в конце сентября 1-го года. С наступлением холодов хвоя принимает фиолетовую окраску.

Хвоя двух типов: мелкая чешуевидная, плотно прижатая к побегам и игловидная, темно-зеленая; игловидная встречается только в молодом возрасте или на нижних побегах взрослых деревьев и в затененных частях взрослого дерева, а также у некоторых ювенильных садовых форм. Чешуевидная хвоя удлинненно-ромбическая или ромбическая, 1-2 мм длиной, приостренная, на спинке со смоляной железкой или без нее, темносиневато-зеленая, с белым налетом, в зиму бурящая. Игловидная хвоя линейно-ланцетная, до 15 мм длиной и 1 мм шириной, с шиловидной верхушкой, расположена в мутовках по три, сверху вогнутая с белой устьичной полоской, снизу — с ясно выраженным килем, отстоящая (рисунок 16).



Рисунок 16. Шишки можжевельника виргинского

Шишкягоды шаровидные, голые, от 5 до 6 мм в диаметре, с плотно сросшимися мясистыми чешуями, сначала зеленые, по мере созревания синеют и покрываются белым налетом. Мякоть плодов сладковатая, смолистая. В шишкягоде содержится 1-2 реже 3 семени.

Семена округло-яйцевидные, 3,5-4 мм длиной, 2-2,5 мм толщиной, треугольные, с узким заостренным кончиком и сравнительно маленьким рубчиком, светло-каштановые, блестящие, с твердой оболочкой. Вес 100 семян 2,5-2,6 г. Всхожесть семян сохраняется 2-3 года (рисунок 17,18).

Рисунок 12. Динамика роста растений видов семейства Cupressaceae



Рисунок 17. Однолетние сеянцы можжевельника виргинского, выращенные в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН



Рисунок 18. Двухлетний сеянец можжевельника виргинского

Заключение

В ходе исследования было изучено географическое распространение родов семейства. Определили, что виды подсемейства Thujoideae встречаются как в северном, так и в южном полушарии, виды подсемейства Juniperoideae (род *Juniperus*) – в умеренных областях северного полушария. Рост хвои у можжевельника обыкновенного начинался одновременно с ростом побегов в

конце марта-начале апреля (на 1-1,5 месяца раньше, чем на родине). Рост хвой продолжался 2-2,5 месяца, побегов – 135-180 дней. Пылил *Juniperus communis* спустя 20-25 дней после начала роста хвой и побегов, шишки созревали в сентябре-октябре 2-го года. Раньше всех рост хвой и побегов был отмечен можжевельника казацкого март – начало апреля. Рост побегов у видов можжевельника протекал дольше, чем у других видов хвойных, не смотря на это побеги морозом не повреждались. У туи западной и плосковеточника восточного рост побегов начинался в марте-апреле. С начала данный период наступал у плосковеточника, затем туи. Рост побегов мог длиться до сентября. Пыление у туи и плосковеточника начинался раньше или одновременно с ростом хвой и побегов и продолжался 3-6 дней. Шишки созревали в сентябре первого года, по мере созревания они раскрывались и семена выпадали.

Полученные практические результаты позволяют рекомендовать для внедрения и испытания в условиях аридного климата Волгоградской области. Опыт и анализ работы по интродукции хвойных растений ещё раз подтверждает, что прогнозы об успешности интродукции или введения в культуру не могут основываться только на экологическом анализе и фитоклиматических аналогах, а должны подкрепляться знанием биологии и филогенеза интродуцентов.

Список литературы

1. Хвойные таксоны и их биоэкологическая характеристика для разных типов насаждений: пат. 2021621605 Рос. Федерация: RU2021621605.
2. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. (2016). Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.
3. Castaldi, C., Marchi, M., Vacchiano, G., Corona, P. (2020). Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 6. P. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
4. Ganguli, C., Engle, D.M., Mayer, P.M., Salo, L.F. (2016). Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.
5. García-Cervigón, A.I., Linares, J.C., García-Hidalgo, M., Camarero, J.J., Olano, J.M. (2018). Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.
6. Hoff, D.L., Will, R.E., Zou, C.B., Lillie, N.D. (2018). Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.
7. Kahveci, G., Alan, M., Köse, N. (2018). Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. *Dendrobiology*. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.
8. Msanne, J., Awada, T., Bryan, N.M., Schacht, W., Drijber, R., Li, Y., Zhou, X., Okalebo, J., Wedin, D., Brandle, J., Hiller, J. (2017). Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. *Photosynthetica*. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.
9. Ogunkunle, C.O., Oyedele, S., Adeniran, I.F., Olorunmaiye, K.S., Fatoba, P.O. (2019). *Thuja occidentalis* and *Duranta repens* as indicators of urban air pollution in industrialized areas of southwest Nigeria. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 84. Iss. 2. P. 193-202.
10. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. (2020). Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369–1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).
11. Riddle, J. Shifting climate sensitivity and contrasting growth trends in *Juniperus* species growing together at opposite range margins. (2014). *Tree Ring Research*. Vol. 70. Iss. 2. P. 101-111.

12. Rundel, P.W. (2019). A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364
13. Sapronova D.V., Dolgikh A.A., Tsoi M.V., Sapronov V.V. (2020). The specificity of the reproduction of conifers in the nurseries of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. *World Ecology Journal*. Vol. 10.No. 2.P. 18-55. DOI: 10.25726 / worldjournals.pro / WEJ.2020.2.2.
14. Seim, A., Omurova, G., Azisov, E., Musuraliev, K., Aliev, K., Tulyaganov, T., Nikolyai, L., Botman, E., Helle, G., Liñan, I.D., Jivcov, S., Linderholm, H.W. (2016). Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.
15. Semenyutina A. V., Tsoi M. V., Bugreev N. A. (2020). Assessment of woody plants *Juniperus* L. for landscaping urbanized areas of low-wooded regions. *World Ecology Journal*. Vol.10. No.1. P.97-120. DOI: 10.25726 / worldjournals.pro / WEJ.2020.1.5.
16. Semenyutina A.V., Tsoi M.V., Sapronov V.V. (2021). Experience in the introduction of coniferous plants in dry steppe conditions. *World Ecology Journal*. Vol.11. No.1. P.97-120. DOI: 10.25726 / 17664-5483-8738-s.
17. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
18. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages, *Life Science Journal*, 11 (12S), pp. 699-702.
19. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. (2021). Comparative development of the four tallest conifer species. *Forest Ecology and Management*. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.
20. Singh, S.P., Gumber, S., Singh, R.D., Singh, G. (2020). How many tree species are in the Himalayan treelines and how are they distributed? *Tropical Ecology*. Vol. 61. Iss. 3. P. 317-327. DOI: 10.1007/s42965-020-00093-7.
21. Xu, H.-J., Wang, X.-P., Zhao, C.-Y., Yang, X.-M. (2018). Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.

Ecological and biological features of taxa of the Cupressaceae family in dendrological collections of the dry-steppe region

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

E-mail: vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Maxim V. Tsoi

postgraduate student, junior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

E-mail: tsoy-m@vfanc.ru

 0000-0003-2139-7919

Received 07.03.2021

Accepted 09.07.2021

Published 15.08.2021

 10.25726/q2423-4851-2863-i

Abstract

The urgency is connected with the expansion of green construction in new territories in diverse and often difficult natural and agrotechnical conditions, there is a need for a wide and diverse assortment of tree species in terms of biological and technical properties and the development of differentiated methods of their cultivation. The introduction should be based on a thorough study of the existing experience of introduction and knowledge of the countries - sources of introduction, the history of the formation of a particular species, taking into account the ecological features of habitats, vertical zonality, the existence of geographical and edaphic forms. The aim of the study was to study the ecological and biological features of the taxa of the Cupressaceae Bartl family. in dendrological collections of the dry-steppe region. Six woody species of the Cupressaceae family growing in the arboretum collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences were studied: *Juniperus virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L., *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Pseudotsuga menziesii* (Milb) Franco. The natural areas of the objects of study have been studied. It was revealed that the species of the subfamily Thujoideae are found in both the northern and southern hemispheres, the species of the subfamily Juniperoideae (genus *Juniperus*) – in the temperate regions of the northern hemisphere. Phenological observations revealed that the growth of needles in common juniper began simultaneously with the growth of shoots in late March - early April (1-1.5 months earlier than at home), the period of growth of needles lasted 2-2.5 months, shoots - 135-180 days. During observations of the growth dynamics of seedlings, metric indicators of seedlings were obtained, 1-year-old seedlings *Platycladus orientalis* - 16-18 cm, *Thuja occidentalis* - 9-14 cm, *J. communis* - 10-15 cm, *J. sabina* - 14-16 cm, *Juniperus virginiana* - 14-16 cm tall. Analysis of the variability of morphological features and bioecological properties, adaptations in new environmental conditions are of great importance for the bioecological justification of the introduction of woody taxa of the Cupressaceae family into culture. This analysis affects the assessment of the natural diversity of plants from such important aspects as growth rate, stability and decorative properties, information about which is extremely scarce in arid conditions.

Keywords

Decorative, adaptation, *Thuja*, *Juniperus*, *Platycladus*, bioresources, bioecological properties, Cupressaceae, dendrological expositions, taxa

References

1. Hvojnye taksony i ih biojekologicheskaja harakteristika dlja raznyh tipov nasazhdenij: pat. 2021621605 Ros. Federacija: RU2021621605.
2. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. (2016). Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.

3. Castaldi, C., Marchi, M., Vacchiano, G., Corona, P. (2020). Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 6. P. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
4. Ganguli, C., Engle, D.M., Mayer, P.M., Salo, L.F. (2016). Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.
5. García-Cervigón, A.I., Linares, J.C., García-Hidalgo, M., Camarero, J.J., Olano, J.M. (2018). Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.
6. Hoff, D.L., Will, R.E., Zou, C.B., Lillie, N.D. (2018). Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.
7. Kahveci, G., Alan, M., Köse, N. (2018). Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. *Dendrobiology*. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.
8. Msanne, J., Awada, T., Bryan, N.M., Schacht, W., Drijber, R., Li, Y., Zhou, X., Okalebo, J., Wedin, D., Brandle, J., Hiller, J. (2017). Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. *Photosynthetica*. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.
9. Ogunkunle, C.O., Oyedele, S., Adeniran, I.F., Olorunmaiye, K.S., Fatoba, P.O. (2019). *Thuja occidentalis* and *Duranta repens* as indicators of urban air pollution in industrialized areas of southwest Nigeria. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 84. Iss. 2. P. 193-202.
10. Pérez-Luna, A., Wehenkel, C., Prieto-Ruiz, J. Á., López-Upton, J., Solís-González, S., Chávez-Simental, J. A., & Hernández-Díaz, J. C. (2020). Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369–1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).
11. Riddle, J. Shifting climate sensitivity and contrasting growth trends in *Juniperus* species growing together at opposite range margins. (2014). *Tree Ring Research*. Vol. 70. Iss. 2. P. 101-111.
12. Rundel, P.W. (2019). A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364
13. Sapronova D.V., Dolgikh A.A., Tsoi M.V., Sapronov V.V. (2020). The specificity of the reproduction of conifers in the nurseries of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. *World Ecology Journal*. Vol. 10.No. 2.P. 18-55. DOI: 10.25726 / worldjournals.pro / WEJ.2020.2.2.
14. Seim, A., Omurova, G., Azisov, E., Musuraliev, K., Aliev, K., Tulyaganov, T., Nikolyai, L., Botman, E., Helle, G., Liñan, I.D., Jivcov, S., Linderholm, H.W. (2016). Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.
15. Semenyutina A. V., Tsoi M. V., Bugreev N. A. (2020). Assessment of woody plants *Juniperus* L. for landscaping urbanized areas of low-wooded regions. *World Ecology Journal*. Vol.10. No.1. P.97-120. DOI: 10.25726 / worldjournals.pro / WEJ.2020.1.5.
16. Semenyutina A.V., Tsoi M.V., Sapronov V.V. (2021). Experience in the introduction of coniferous plants in dry steppe conditions. *World Ecology Journal*. Vol.11. No.1. P.97-120. DOI: 10.25726 / 17664-5483-8738-s.
17. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
18. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages, *Life Science Journal*, 11 (12S), pp. 699-702.

19. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. (2021). Comparative development of the four tallest conifer species. *Forest Ecology and Management*. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.
20. Singh, S.P., Gumber, S., Singh, R.D., Singh, G. (2020). How many tree species are in the Himalayan treelines and how are they distributed? *Tropical Ecology*. Vol. 61. Iss. 3. P. 317-327. DOI: 10.1007/s42965-020-00093-7.
21. Xu, H.-J., Wang, X.-P., Zhao, C.-Y., Yang, X.-M. (2018). Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.

Научные основы обогащения дендрофлоры малолесных регионов хозяйственно ценными растениями

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Алия Шамильевна Хужахметова

Кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
aliyasham@mail.ru
 0000-0001-5127-8844

Августа Андреевна Долгих

Кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
agloswnialmi@mail.ru
 0000-0002-9707-0878

Василий Васильевич Сапронов

Соискатель, директор Нижневолжской станции по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0001-6945-0905

Поступила в редакцию 26.04.2021

Принята 28.08.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/v1064-3614-5462-o

Аннотация

Вопросам адаптации, интродукции, селекции и семеноведения для подбора ассортимента древесных растений, используемых на деградированных землях в аридной зоне при обогащении дендрофлоры малолесных регионов, до настоящего времени уделялось мало внимания. В последние годы согласно нацпроектам «Наука» и «Экология» уделяется большое внимание адаптивной организации территории агро- и урбоэкосистем в целях повышения комфортности проживания

населения и экологизации производства сельскохозяйственной продукции. Объекты – дендрологические искусственные насаждения, научно-производственные комплексы, питомники, ассортимент, адаптированный в засушливом поясе России (Нижеволжская станция по селекции древесных пород - филиал ФНЦ агроэкологии РАН; кад. №34:36:000014:178; Волгоградская обл.). Цель – обоснование и подбор адаптированных видов, форм деревьев и кустарников для обогащения дендрофлоры в агролесоводстве и озеленении в Нижнем Поволжье. Методология исследований построена на биоэкологических принципах интродукции, селекции и питомниководства на основе изучения растений в системе «генотип-среда», использовании эколого-хозяйственного потенциала древесных видов с учетом их изменчивости и специфики условий засушливого региона и обогащения дендрофлоры в лесомелиорации и озеленении. На маточных гибридных плантациях сосен, тополей, дубов, кленов и ясеней проведен учет роста, состояния, репродуктивного развития. Дано обоснование и методология биоэкологического подбора адаптированных видов, форм древесных растений в засушливых условиях. Представлен каталог ассортимента для питомниководства экономически важных адаптированных деревьев и кустарников. Получены материалы по выделенным таксонам для оформления объектов интеллектуальной собственности. Внедрение научных разработок проводилось на производственных питомниках Нижеволжской станции по селекции древесных пород. Ежегодная реализация сеянцев и саженцев на сумму около 7 млн. рублей из селекционного улучшенного семенного материала для обогащения дендрофлоры. Область применения: лесное хозяйство, озеленение, питомнические хозяйства, агролесомелиорация, природоохранные органы, образование.

Ключевые слова

Научные основы, хозяйственно ценные деревья и кустарники, коллекции ФНЦ агроэкологии РАН, адаптация, засушливые условия, стресс-факторы, фонды посадочного материала, лесомелиоративные комплексы, малолесные регионы, обогащение дендрофлоры

Исследования проведены в рамках выполнения государственных заданий № 0508-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8) финансирование Министерством науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

В большей части Нижнего Поволжья на равнинных элементах рельефа отсутствует естественная древесная растительность (Семенютина, 2021).

Существующие лесные насаждения созданы из инорайонных интродуцированных древесных видов. Они представляют защитные лесные насаждения многофункционального назначения (Semenyutina, 2018. И находятся на землях различной ведомственной принадлежности – сельского хозяйства, службы железнодорожных и шоссейных путей и пр. Имеются ведомственные программы развития лесовосстановительных и облесительных работ на ближайшую и дальнюю перспективу. Обеспечение работ по озеленению и агролесоводству в малолесных регионах (Волгоградская, Астраханская обл., Республика Калмыкия) посадочным материалом высокого качества целиком возлагается на предприятия – древесные питомники (Маттис, 2003).

Главными приёмами в повышении долговечности и устойчивости защитных лесных насаждений разного целевого назначения являются:

- адаптированный ассортимент деревьев и кустарников, рекомендуемые для агролесоводства и озеленения в засушливые условия;
- кластеризация таксонов древесных растений в зависимости биологических требований к экологическим условиям среды и целевого назначения (Семенютина, 2014);
- повышение качества семенного и лесопосадочного материала.

Цель – обоснование и подбор адаптированных видов, форм деревьев и кустарников для обогащения дендрофлоры в агролесоводстве и озеленении в Нижнем Поволжье.

Научная новизна заключается в разработке методологии подбора адаптированных таксонов, перспективных для озеленения и агролесоводства в условиях изменения климата и стратегия формирования устойчивых агро- и урбоэкосистем на основе инновационных биоэкологических технологий обогащения дендрофлоры малолесных регионов хозяйственно ценными растениями.

Объекты и методология исследований

Исследования биологических свойств отобранных деревьев и их потомства, важных для агролесоводства и озеленения в засушливых условиях (характер цветения и плодоношения, соле- и засухоустойчивость, морозостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, рост и состояние потомства) базируется на использовании современного оборудования, методик и технологий (Semenyutina, 2014; Semenyutina, 2016; Kharugin, 2019; Wang, 2009) (рисунок 1).



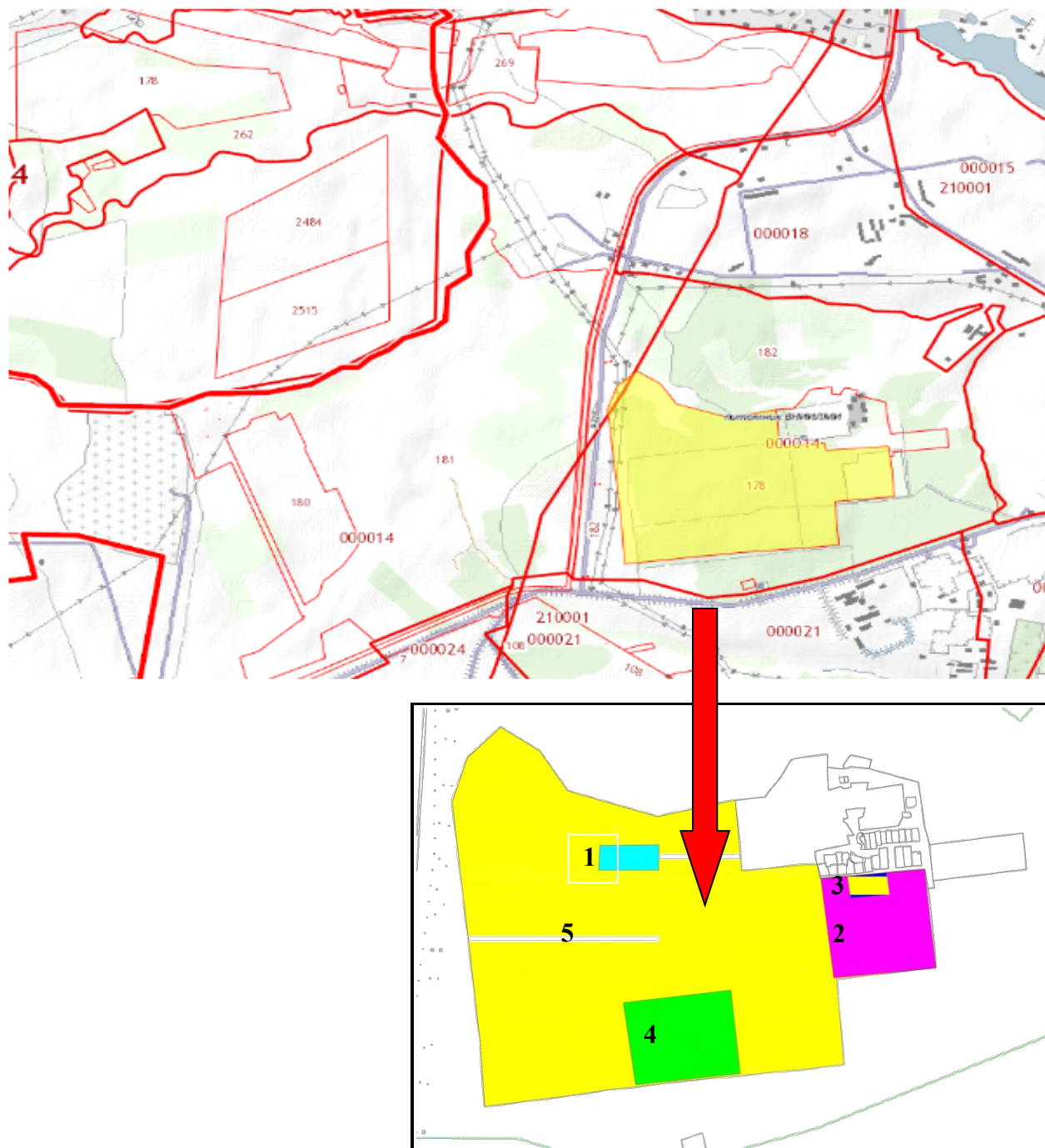
Рисунок 1. Применение современного оборудования в полевых условиях

Объекты – дендрологические искусственные насаждения, научно-производственные комплексы, питомники, ассортимент, адаптированный в засушливом поясе России (Нижневолжская станция по селекции древесных пород - филиал ФНЦ агроэкологии РАН; кад. №34:36:000014:178; Волгоградская обл., рисунок 2).

Биоэкологический потенциал древесных растений и подбор адаптированного генофонда базировался на отношении их к стресс-факторам:

- засухоустойчивость,
- солеустойчивость;
- морозоустойчивость;
- устойчивость к вредителям и болезням.

В состоянии стресса в клетке возникает активная форма кислорода, которая вызывает повреждение нуклеиновых кислот и окисление липидов. В группу неферментативных антиоксидантов входят каротиноиды, флавоноиды, витамины, фенольные соединения и т.д., молекулы которых могут гасить активные молекулы кислорода. Выделение стресс-индуцированных макромолекул с защитными свойствами, осмолитов с протекторными функциями и антиоксидантных систем позволяют дать ответ на наличие общих механизмов устойчивости (Кузнецов, 2011).



- 1 – участок гибридизации хвойных пород, 2 – коллекция таксонов, 3 – участок размножения интродуцентов, 4 – участок изучения роста сосны желтой, крымской, обыкновенной;
5 – площади опытных культур древесно-кустарниковых растений

Рисунок 2. Дендрологические объекты (Нижневолжская станция по селекции древесных пород - филиал ФНЦ агроэкологии РАН; кад. №34:36:000014:178; Волгоградская обл.)

Проводят анализ содержания биологически активных веществ – флавоноидов и хлорофиллов, обладающие широким спектром действия, обусловленным их антиоксидантными свойствами, антибактериальными и фунгицидными качествами и выполняющие защитные функции, предохраняя растения от различных неблагоприятных воздействий окружающей среды (Кузнецов, 2011; Xu, 2009).

Экологическая пластичность по стрессоустойчивости на основе гистограмм распределения кластерных признаков по шкале адаптационных категорий и диаграмм разброса корреляционного диалога дает возможность целевого отбора перспективного генофонда для создания искусственных экосистем в районах с бедным видовым флористическим составом (Кузнецов, 2011; Ami, 2016; Awasthi, 2009; Duputie, 2015).

Результаты и их обсуждение

В последние годы согласно нацпроектам «Наука» и «Экология» уделяется большое внимание адаптивной организации территории агро- и урбоэкосистем в целях повышения комфортности проживания населения и экологизации производства сельскохозяйственной продукции. Анализируя полувековой опыт лесоразведения в аридном регионе, в своих работах исследователи (Маттис, 2003) отмечают, что площади таких жизнеспособных насаждений или отдельных древесных видов невелики. Биологически устойчивые массивы или участки линейных лесополос сосредоточены лишь в степной зоне.

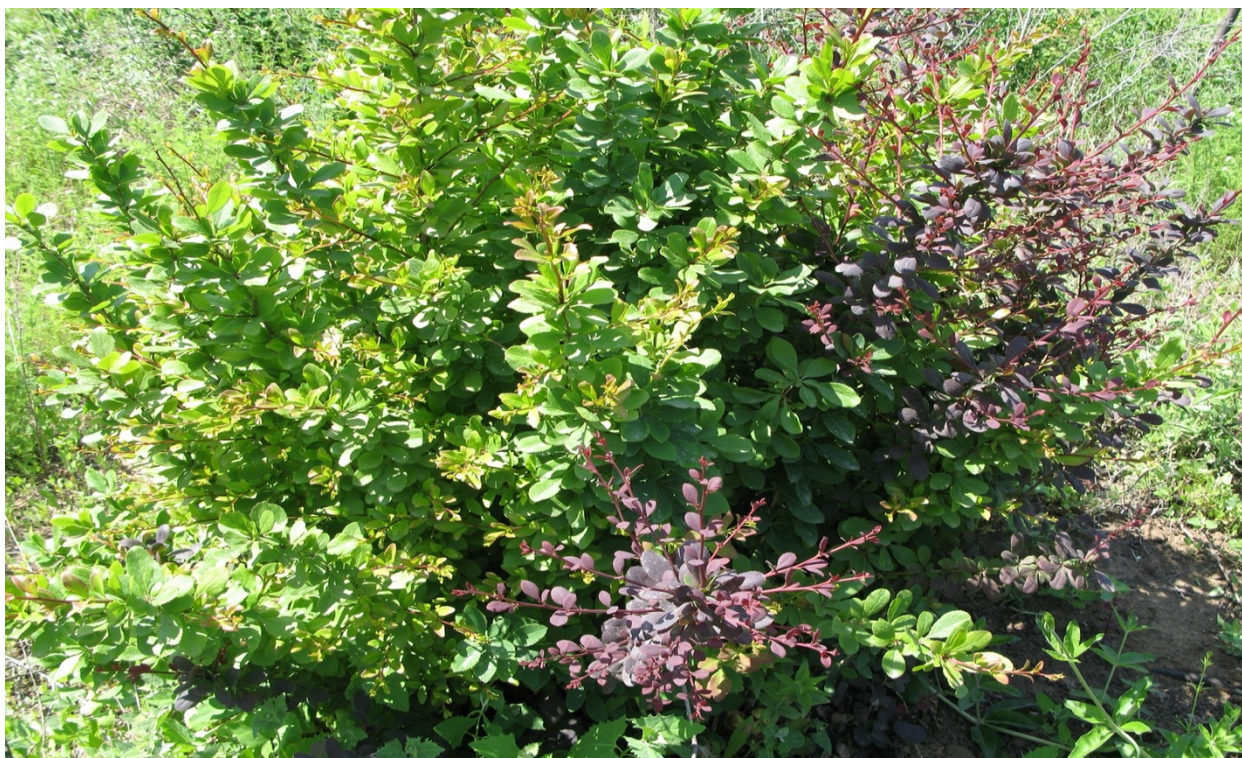
Во второй и третьей группах лесорастительных условий древесные растения могут расти более или менее успешно определённый срок только при постоянном искусственном улучшении условий произрастания (за счёт применения агротехнических мероприятий). Но даже при этом естественное семенное возобновление их невозможно. В четвёртой группе лесорастительных условий древесные растения не могут расти даже при интенсивной агротехнике и такие участки исключаются из лесокультурного фонда (Иозус, 2014; Маттис, 2003).

Многолетний опыт показал, что состояние защитных насаждений, созданных без кустарников, а также имеющих в результате рубок ухода продуваемую конструкцию (рисунок 3), было намного хуже, чем плотных, в которых кустарник не вырубался. Необходимо иметь в виду, что кустарниковая форма жизни древесного растения - способ выживания в экстремальных условиях.



Рисунок 3. Полезащитная полоса продуваемой конструкции с участием березы днепровской
(Волгоградская область, Николаевский район)

Долговечность кустарников связана с их приспособительными свойствами – биологически устойчивы к засолению (тамарикс), сброс листвы в засуху (акация жёлтая), поверхностная корневая система, способствующая отсутствию контакта с солевыми горизонтами почвы (смородина золотистая). Многолетние наблюдения показали, что долговечность кустарников в аридном регионе, особенно на комплексных почвах (группа III), в 1,5-2 раза больше, чем деревьев. Кроме того, срок службы их увеличивается вдвое после их омоложения ("посадки на пень"; рисунок 4).



Berberis vulgaris и *B. vulgaris* var. *purpurea*



Forsythia ovata

Рисунок 4. Восстановление кустарников методом омолаживающей обрезки

Выделенный комплексно устойчивый к стресс-факторам генофонд – основа адаптированных лесомелиоративных насаждений в засушливом регионе РФ. Это наиболее ответственный и наукоёмкий этап, требующий идентификации морфологического облика растительного организма с его генетической структурой. По классическим методикам испытание древесных видов по потомству ведётся путём создания архивов клонов и испытательных культур. Срок испытания потомств выделенного генофонда определяется половиной срока спелости растения, который в аридном

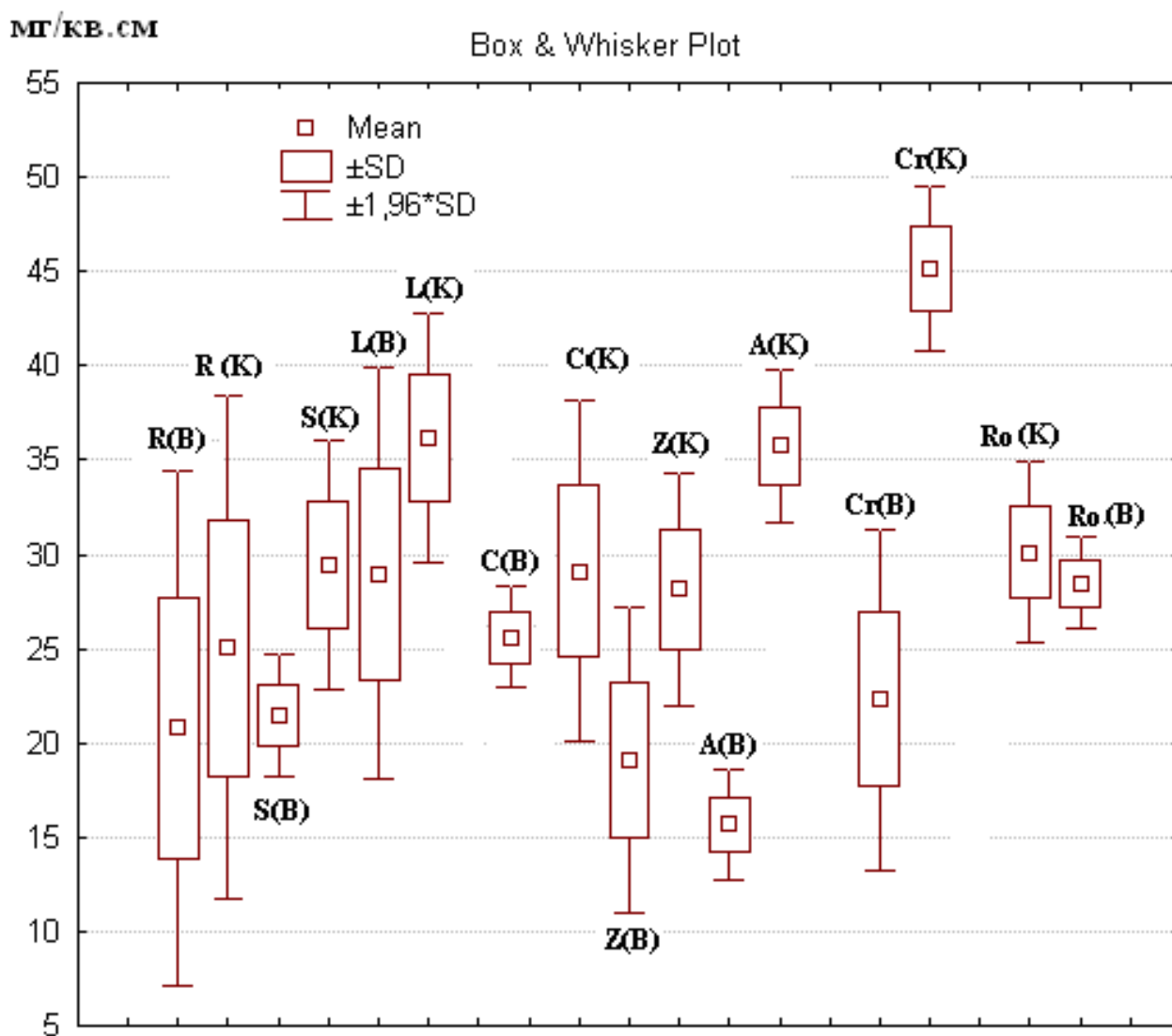
регионе составляет от 20 до 40 лет (в зависимости от систематической принадлежности вида и группы лесопригодности) (Маттси, 2003).

В отечественной и мировой практике метод ранней диагностики определения и утверждения отдельных хозяйственно-ценных биологических признаков дают положительные результаты для конкретных видов растений и только по отдельным показателям. Использование метода оценки пигментного комплекса как индикатора адаптации к засушливым условиям базируется на особенностях тех или иных форм и экотипов интродуцентов в каждом конкретном регионе их испытания (Semenyutina, 2018).

Диаграмма размаха, компактно изображает одномерное распределение вероятностей (показывает медиану-среднее, минимальные и максимальные значения выборки).

На графике визуально (бок о бок) сравнивается распределение по разным географическим пунктам (Волгоград, Камышин), например, R(K)–R(B), S(K)– S(B), L(K)– L (B), Z(K)– Z(B), A(K)– A(B), Cr(K)– Cr(B), C(K)– C(B), Ro(K)– Ro (B).

В засушливых условиях Волгоградской области (каштановые почвы) установлен диапазон содержания хлорофилла а+б у древесных видов от 12,27 до 41,3 мг/см² (рисунок 5).



* (K) – Камышин, (B) – Волгоград, род: R – *Robinia*, S – *Symphoricarpos*, L – *Ligustrum*, B – *Berberis*, Z – *Zizyphus*, A – *Acer*, Cr – *Crataegus*, C – *Celtis*, Ro – *Rosa*
Рисунок 5. Диаграмма размаха содержания хлорофилла а+б в листьях древесных видов в условиях светло-каштановых и каштановых почв

В результате селекционной инвентаризации в регионе выделены и взяты на учёт три категории особо ценных селекционных семеноводческих объекта: природные леса, производственные защитные насаждения и научно-производственные селекционные объекты (рисунок 6).



Рисунок 6. Сосна обыкновенная (+) в возрасте 120 лет в Арчединском сосновом бору

В 3 природных зонах аридного региона выделено 1356 деревьев (+). В степной зоне – 737, в т. ч. сосны – 285, дуба – 182, ясеня – 106, вяза – 99, робинии – 63. В сухой степи – 306 шт., в т. ч.: дуба – 70, сосны крымской – 60, вяза – 66, робинии – 20, груши – 25, абрикоса – 30, скумпии – 25. В полупустыне – 313 шт., в т.ч. дуба – 64, ясеня – 123, вяза – 24, робинии – 23, тополя – 63, лоха – 16 (таблица 1).

Таблица 1. Деревья (+) основных древесных видов для создания объектов ПЛСБ на юге ЕТР

Древесные виды	Сухостепная (р. Калмыкия)	Степная (Волгоградская обл.)	Полупустынная (Астраханская обл.)	Всего
Дуб	70	182	64	316
Сосна крымская	60	60		120
Сосна обыкновенная		225		225
Ясень обыкновенный		45		45
Ясень ланцетный		61	63	124
Вяз приземистый	36	72	60	168
Берест	30		24	54
Груша	25			25
Абрикос	30			30
Скумпия	25			25
Тополь чёрный			63	63
Тополь белый	10			10
Лох узколистный			16	16
Всего	306	737	313	1356

Из 1356 выделенных на юге ЕТР деревьев (+) более 50 % не соответствуют нормативным требованиям и требуют переаттестации. На каждое дерево (+) составлен паспорт включенных в госреестр. Другие объекты постоянной лесосеменной базы (плантации (ЛСП), участки, испытательные культуры и др.) созданные в аридном регионе ЕТР в основном не соответствуют принятым нормативам. Единственный научно-производственный объект ПЛСБ дуба, сосны (рисунки 7, 8) и лиственницы создан в Новоаннинском лесничестве на площади 135 га: в том числе: сосны – 55 га, дуба – 68 га, лиственницы – 12 га. Исследования роста, состояния, плодоношения 25-34-летних ЛСП главных древесных пород не выявили существенных различий по этим показателям.

Следовательно, при проектировании ЛСП для защитного лесоразведения на юге ЕТР следует ориентироваться на создание семейственных ЛСП или «популяционных», которые имеют статус ПЛСУ и продуцируют также селекционно улучшенные семена. Последние будут наиболее экономичны для лесомелиоративных целей на юге ЕТР.

Методика полевого обследования и инвентаризации гибридного фонда ФНЦ агроэкологии РАН предусматривает оценку состояния коллекции гибридов и отдельных экземпляров, отличающихся гетерозисом, повышенной устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов по внешним признакам.

Исследования проводились на Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФНЦ агроэкологии РАН. На маточных гибридных плантациях сосен, тополей, дубов, кленов и ясеней проведен учет роста, состояния, репродуктивного развития с целью оценки их перспективности для лесоразведения в засушливых условиях ЕТР. В качестве исходного материала использовали дуб черешчатый и дуб красный, произрастающие в дендрарии. Дуб красный, представитель флоры Северной Америки, хорошо растет и плодоносит в центральной лесостепи. Менее требователен к почве, чем дуб черешчатый, морозоустойчив, имеет высокую иммунность к фитозаболеваниям.



Рисунок 7. Маточное насаждение таксонов сосны (Нижневолжская опытная станция)



Рисунок 8. Дуб красный в коллекционных фондах дендрария ФНЦ агроэкологии РАН

Полученные гибридные растения выгодно отличались от родительских, имели лучшие показатели роста, признаки ксероморфности, морфологические отличия (таблица 2).

Таблица 2. Рост гибридных сеянцев однолетнего возраста по сравнению с исходными видами

Вид дуба	Число сеянцев	Высота, см		Диаметр, мм	
		сред.	макс.	сред.	макс.
Красный х черешчатый	8	8,0	16,5	2	35
Красный (контроль)	50	7,0	12,0	19	23
Черешчатый (контроль)	15	7,0	11	15	25

Обмеры гибридов и наблюдения за ними в первые годы посадки их в селекционных насаждениях показали, что прирост по высоте у гибридов дуб черешчатый х дуб красный в 1,5 раза больше, чем у контроля.

Изучение физиологических особенностей гибридов показало, что интенсивность транспирации у них ниже, чем у дуба черешчатого, но выше чем у дуба красного. У гибридов значительно выше продуктивность фотосинтеза. Они оказались более устойчивыми к инфекции сосудистого микоза по сравнению с дубом черешчатым (Маттис, 2003).

Средние показатели высоты гибридов на 17- 20% превосходили материнский контроль. Средняя высота гибридов (5,7 м) и контроля дуба черешчатого (5,7 м) равны, средние показатели высоты превышает контроль на 13 – 15%, но по диаметру меньше его на 21 – 29%.

В настоящее время на опытной станции наибольший научный интерес представляют коллекции гибридных тополей селекции А.В. Альбенского.

Ранжирование гибридов по их перспективности, позволило выделить 8 гибридов тополей: московский х краснотеревый 1178, 1179, 1120, 1183, 1381, 1141; московский х берлинский х краснотеревый 1436, контрольный вид бальзамический (Иозус, 2014).

Гибрид бальзамический х берлинский 1181, имеющий самые высокие таксационные показатели, оказался только на 9 месте, т. к. другие характеристики у него были хуже. К неперспективным гибридам относятся гибриды белый×Боле 2140, 238, 157; московский×берлинский 27; московский×красносерный 1113 и другие. Остальные занимают среднее положение. Полученные результаты предварительные, т.к. при оценке отсутствовали характеристики водного режима, имеющие большое значение при использовании в орошаемых условиях (Иозус, 2014; Семенютина, 2016).

На Нижневолжской опытной станции сохранился коллекционный участок гибридов ильмовых на площади 1,2 га. В 3-м поколении гибридные формы имеют некоторое преимущество по росту перед родительскими видами (таблица 3).

Таблица 3. Реестр гибридов и родительских видов вяза селекции А.В. Альбенского в 14-летнем возрасте (Нижневолжская станция по селекции древесных пород) (Маттис, 2003)

Гибрид и вид	Таксационные показатели		Физиологические показатели		
	Высота, м	Диаметр, см	Интенсивность транспирации, мг/г/час	Водоудерживающая способность, % к сырой массе	Засухоустойчивость балл
Вяз приземистый × В. листоватый	4,35	6,1	1010	72,4	4,8
Вяз листоватый × В. приземистый	4,57	5,8	1030	70,5	4,8
Вяз приземистый × В. обыкновенный	4,94	8,1	900	73,0	4,7
Вяз обыкновенный × В. приземистый	4,84	6,6	880	71,7	4,7
Вяз приземистый	3,61	4,9	1140	67,2	4,4
Вяз листоватый	3,12	5,0	1480	61,8	4,6
Вяз обыкновенный	2,90	4,5	1170	64,5	4,0
НСР	0,6	0,8			

Сортоводство лесных, а также декоративных деревьев и кустарников - наиболее важное и долговременное направление селекции (Научно-методические указания, 2013). На базе коллекционных фондов ФНЦ агроэкологии РАН, маточников созданы оригинальные сорта древесных видов для агролесоводства и озеленения (Акация, 2005; Вяз, 2005; Робиния, 2006; Семенютина, 2014). Они включены в государственный реестр селекционных достижений России (рисунок 9).

Эффективность мероприятий привлечения древесных растений и механизма их реализации, как элементов технологий обогащения дендрофлоры малолесных регионов выявлена на основе анализа массива данных комплексных исследований и кластеризации таксонов в зависимости биологических требований к экологическим условиям среды и целевого назначения (рисунок 10).

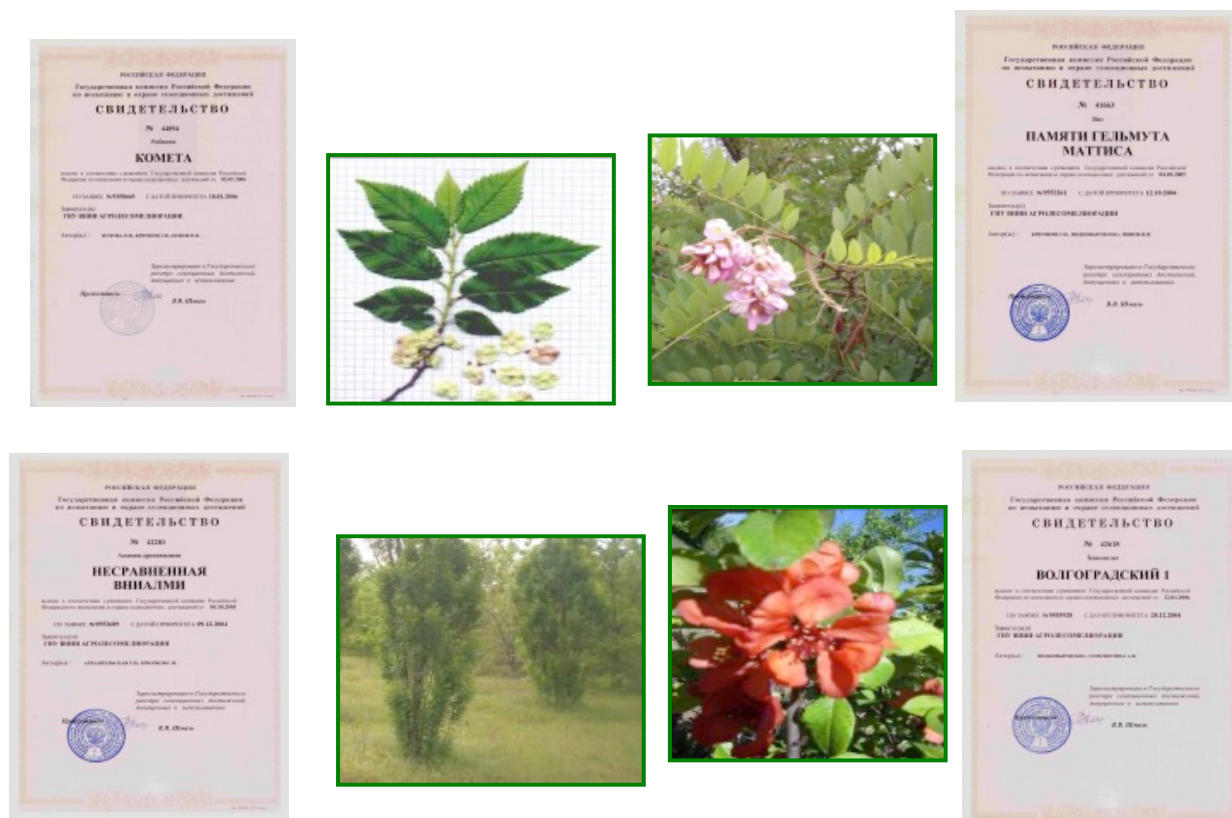


Рисунок 9. Сорта деревьев и кустарников ФНЦ агроэкологии РАН

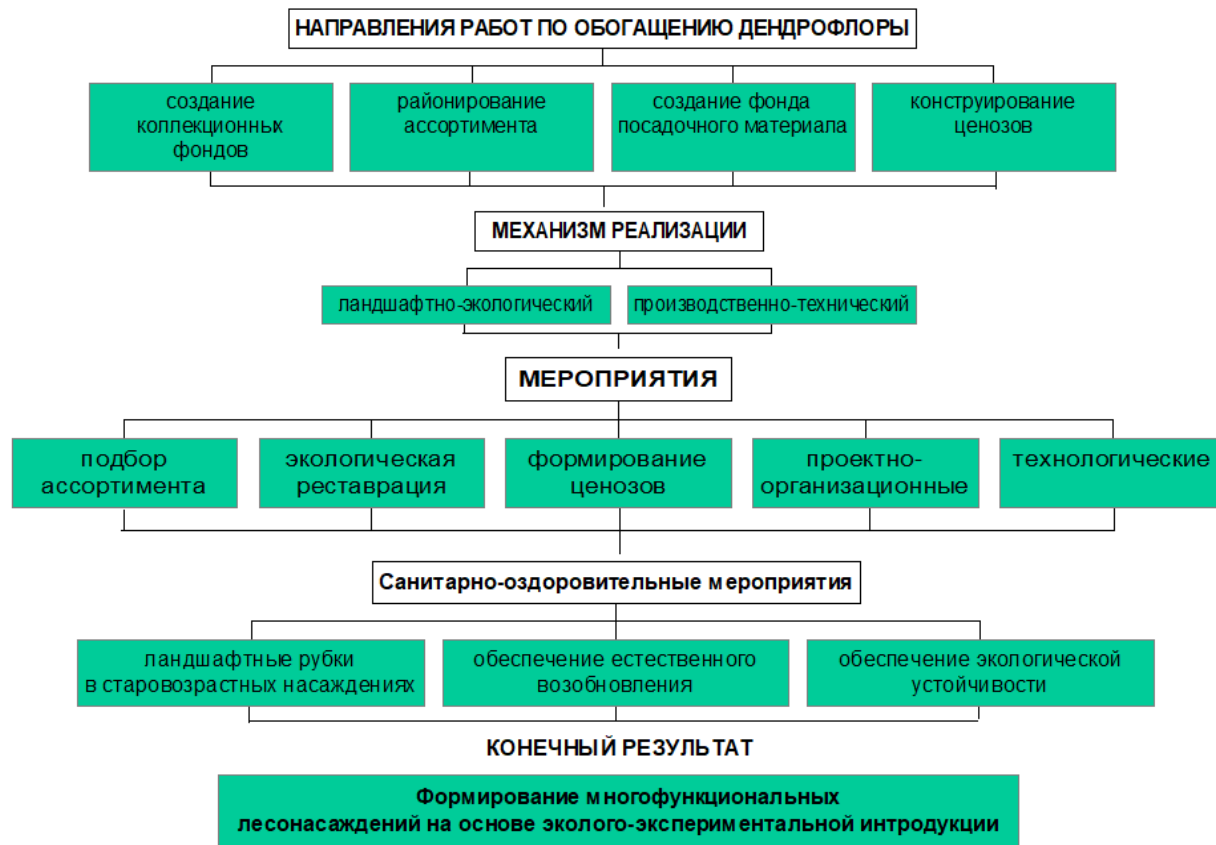


Рисунок 10. Схема технологии обогащения и использования биоразнообразия дендрологических ресурсов деревьев и кустарников

Заключение

Влияние климатических факторов на репродуктивные процессы хозяйственно-ценных деревьев и кустарников и получены экспериментальные материалы на уровне локальной, экологической и географической популяции.

Оценка перспективных таксонов по отношению к неблагоприятным факторам среды показала преимущества адаптированного ассортимента. С ужесточением засухи наблюдалось уменьшение оводнённости тканей, увеличение водного дефицита, уменьшение относительной тургоресцентности, снижение транспирационных потерь.

Установлены адаптивно-приспособительные реакции интродуцированных растений по дефициту влаги, которые проявляются в качественном и количественном увеличении (до 18 %) содержания пигментов.

Изучены морфометрические показатели популяций, форм, видов, гибридов вязов, дуба и робинии как критерии оценки уровня засухоустойчивости.

Для аридной зоны определены критерии и методы подбора популяций и биотипов в коллекционных фондах и дендрологических объектах по комплексу признаков (засухо- морозо- и солеустойчивость). Проведена интегральная оценка и кластерный анализ по комплексу признаков.

Методология и направления сортоиспытания для защитного лесоразведения заключается в предварительной селекционной инвентаризации с выделением сортообразцов (кандидаты в сорта) по фенотипу.

Внедрение научных разработок проводилось на производственных питомниках Нижневолжской станции по селекции древесных пород. Ежегодная реализация семян и саженцев на сумму около 7 млн. рублей из селекционного улучшенного семенного материала. Даны прогнозные предложения по развитию объекта – обновление производственной инфраструктуры станции, в т.ч. реконструкция питомника с целью формирования фонда посадочного материала для воспроизводства и использования коллекций биоресурсов интродуцированных деревьев и кустарников многоцелевого назначения в малолесных регионах.

Список литературы

1. Акация древовидная "Несравненная ВНИАЛМИ" (соавт.: Крючков С. Н., Архангельская Г. П.): а. с. 42281 // Гос. реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. М., 2005.
2. Вяз "Памяти Гельмута Маттиса" (соавт.: Крючков С.Н., Подковыров И.Н., Попов П.П.): а. с. 41663 // Гос. реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. М., 2005.
3. Иозус А.П., Морозова Е.В., Макаров В.М. Основные результаты селекции и гибридизации лиственных древесных пород для защитного лесоразведения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №11-4. С. 613-617.
4. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Абрис, 2011. 783с.
5. Маттис Г.Я., Крючков С.Н. Лесоразведение в засушливых условиях: монография. Волгоград: Издательство ВНИАЛМИ, 2003. 292с.
6. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах: монография / А.В. Семенютина и др. Волгоград, 2021. 288с.
7. Научно-методические указания по сортоводству деревьев и кустарников для защитного лесоразведения в аридных регионах. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 99с.
8. Робиния лжеакация пирамидальной формы "Комета" (соавт.: Крючков С.Н., Жукова О.И.): а. с. 44894 // Гос. реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. М., 2006.
9. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кащенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. №2. С. 103-109.
10. Семенютина А.В., Подковыров И.Ю., Таран С.С. Эффективность использования кластерного метода при анализе декоративных достоинств озеленительных насаждений // Глобальный научный потенциал. 2014. №7 (40). С. 48-51.

11. Семенютина А.В., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Кулик Д.К., Дрепина О.И. Каталог древесных растений для питомниководства Волгоградской области. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2015620060, 13.01.2015. Заявка № 2014621512 от 13.11.2014.
12. Amin F., Davood B. (2016) Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. *International Journal of Life Sciences*, 10(1) doi:10.3126/ijls.v10i1.14509.
13. Awasthi O.P., More T.A. (2009) Genetic diversity and status of *Zizyphus* in India. *Acta Hortic.* 840. 33-40. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.
14. Duputie A., Rutschmann A., Ronce O., Chuine I. (2015) Phenological plasticity will not help all species adapt to climate change. *Global Change Biology*. 21. 8. 3062-3073. <https://doi.org/10.1111/gbs.12914>
15. Khapugin A. A (2019) Global systematic review of publications concerning the invasion biology of four tree species. *Hacquetia*. 18/2. P.233-270 DOI: 10.2478/hacq-2019-0005.
16. Semeniyutina A.V., Podkovyrov G., Khuzhakhmetova A. Sh., Svintsov I.P., Semeniyutina V.A., Podkovyrov I.Yu. (2018) Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of mechanical engineering and technology*. 9.10. 1415-1442.
17. Semeniyutina, A. V., Svintsov, I. P., Huzhahmetova, A. S., & Semeniyutina, V. A. (2018). Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. *Greening Review*, 8(2), 46–59. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.005>
18. Wang Z.H., Xue J., Liu L.P., Deng X.M. and Wei T.J. (2009) Effects of freezing methods and storage temperatures on the flesh firmness of jujube fruits. *Acta Hortic.* 840. 505-512 DOI:10.17660/ActaHortic.2009.840.71
19. Xu F., Guo W., Wang R., Xu W., Du N., Wang Y. Leaf movement and photosynthetic plasticity of black locust (*Robinia pseudoacacia*) alleviate stress under different light and water conditions (2009) *Acta Physiol. Plant.* 31. 553-563

The scientific basis of enrichment of dendroflora of low-forest regions with economically valuable plants

Alexandra V. Semeniyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants, Chief Researcher

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Aliya Sh. Huzhahmetova

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

aliyasham@mail.ru

 0000-0001-5127-8844

Augusta A. Dolgikh

Candidate of Agricultural sciences, Researcher of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
agloswnialmi@mail.ru
 0000-0002-9707-0878

Vasily V. Sapronov

Applicant, director of the Nizhnevolzhskaya tree breeding station
Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0001-6945-0905

Received 26.04.2021

Accepted 28.08.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/v1064-3614-5462-o

Abstract

Until now, little attention has been paid to the issues of adaptation, introduction, selection and seed science for the selection of an assortment of woody plants used on degraded lands in the arid zone during the enrichment of dendroflora in sparsely forested regions. In recent years, according to the national projects "Science" and "Ecology", much attention has been paid to the adaptive organization of the territory of agro- and urban ecosystems in order to increase the comfort of living for the population and greening the production of agricultural products. Objects - dendrological artificial plantations, research and production complexes, nurseries, an assortment adapted in the arid belt of Russia (Lower Volga station for selection of tree species - branch of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences; cad. No. 34: 36: 000014: 178; Volgograd region). The goal is to substantiate and select adapted species, forms of trees and shrubs for the enrichment of dendroflora in agroforestry and gardening in the Lower Volga region. The research methodology is based on the bioecological principles of introduction, selection and nursery based on the study of plants in the "genotype-environment" system, the use of the ecological and economic potential of tree species, taking into account their variability and the specific conditions of the arid region and the enrichment of dendroflora in forest reclamation and gardening. On the parent hybrid plantations of pines, poplars, oaks, maples and ash trees, the growth, state, and reproductive development were recorded. The substantiation and methodology of bioecological selection of adapted species and forms of woody plants in arid conditions are given. A catalog of assortment for nursery of economically adapted trees and shrubs is presented. Materials were obtained on the allocated taxa for registration of intellectual property objects. The introduction of scientific developments was carried out at the production nurseries of the Nizhnevolzhskaya station for the selection of tree species. Annual sale of seedlings and seedlings worth about 7 million rubles from the selection of improved seed material for the enrichment of dendroflora. Scope: forestry, landscaping, nursery farms, agroforestry, environmental authorities, education.

Keywords

Scientific fundamentals, economically valuable trees and shrubs, collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, adaptation, arid conditions, stress factors, stocks of planting material, forest reclamation complexes, sparsely wooded regions, enrichment of dendroflora.

The research was carried out within the framework of the state assignment №0508-2021-0001 "Scientific bases and technologies of enrichment of dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable tree and shrub plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8) financing of the Ministry science and higher education of the Russian Federation

References

1. Akacija drevovidnaja "Nesravnennaja VNIALMI" (soavt.: Krjuchkov S. N., Arhangel'skaja G. P.): a. s. 42281 // Gos. reestr selekcionnyh dostizhenij RF, dopushhennyh k ispol'zovaniju. M., 2005.
2. Vjaz "Pamjati Gel'muta Mattisa" (soavt.: Krjuchkov S.N., Podkovyrov I.N., Popov P.P.): a. s. 41663 // Gos. reestr selekcionnyh dostizhenij RF, dopushhennyh k ispol'zovaniju. M., 2005.
3. Iozus A.P., Morozova E.V., Makarov V.M. Osnovnye rezul'taty selekcii i gibrizacii listvennyh drevesnyh porod dlja zashhitnogo lesorazvedenija // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. №11-4. S. 613-617.
4. Kuznecov V.V., Dmitrieva G.A. Fiziologija rastenij. M.: Abris, 2011. 783s.
5. Mattis G.Ja., Krjuchkov S.N. Lesorazvedenie v zasushlivyh uslovijah: monografija. Volgograd: Izdatel'stvo VNIALMI, 2003. 292s.
6. Mobilizacija dendrologicheskikh resursov i puti sohraneniya ih bioraznoobrazija v malolesnyh regionah: monografija / A.V. Semenjutina i dr. Volgograd, 2021. 288s.
7. Nauchno-metodicheskie ukazaniya po sortovodstvu derev'ev i kustarnikov dlja zashhitnogo lesorazvedenija v aridnyh regionah. Volgograd: VNIALMI, 2013. 99s.
8. Robinija Izheakacija piramidal'noj formy "Kometa" (soavt.: Krjuchkov S.N., Zhukova O.I.): a. s. 44894 // Gos. reestr selekcionnyh dostizhenij RF, dopushhennyh k ispol'zovaniju. M., 2006.
9. Semenjutina A.V., Kostjukov S.M., Kashhenko E.V. Metody vyjavenija mehanizmov adaptacii drevesnyh vidov v svyazi s ih introdukcijev v zasushlivye regiony // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. №2. S. 103-109.
10. Semenjutina A.V., Podkovyrov I.Ju., Taran S.S. Jefferektivnost' ispol'zovanija klasternogo metoda pri analize dekorativnyh dostoinstv ozelenitel'nyh nasazhdenij // Global'nyj nauchnyj potencial. 2014. №7 (40). S. 48-51.
11. Semenjutina A.V., Huzhahmetova A.Sh., Semenjutina V.A., Kulik D.K., Drepina O.I. Katalog drevesnyh rastenij dlja pitomnikovodstva Volgogradskoj oblasti. Svidetel'stvo RU 2015620060, 13.01.2015. Zajavka № 2014621512 ot 13.11.2014.
12. Amin F., Davood B. (2016) Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. International Journal of Life Sciences, 10(1) doi:10.3126/ijls.v10i1.14509.
13. Awasthi O.P., More T.A. (2009) Genetic diversity and status of Zizyphus in India. Acta Hortic. 840. 33-40. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.
14. Duputie A., Rutschmann A., Ronce O., Chuine I. (2015) Phenological plasticity will not help all species adapt to climate change. Global Change Biology. 21. 8. 3062-3073. <https://doi.org/10.1111/gbs.12914>
15. Khapugin A. A (2019) Global systematic review of publications concerning the invasion biology of four tree species. Hacquetia. 18/2. P.233-270 DOI: 10.2478/hacq-2019-0005.
16. Semenjutina A.V., Podkovyrova G., Khuzhahmetova A. Sh., Svintsov I.P., Semenjutina V.A., Podkovyrov I.Yu. (2018) Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. International Journal of mechanical engineering and technology. 9.10. 1415-1442.
17. Semenjutina, A. V., Svintsov, I. P., Huzhahmetova, A. S., & Semenjutina, V. A. (2018). Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. Greening Review, 8(2), 46–59. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.005>
18. Wang Z.H., Xue J., Liu L.P., Deng X.M. and Wei T.J. (2009) Effects of freezing methods and storage temperatures on the flesh firmness of jujube fruits. Acta Hortic. 840. 505-512
20. Xu F., Guo W., Wang R., Xu W., Du N., Wang Y. Leaf movement and photosynthetic plasticity of black locust (*Robinia pseudoacacia*) alleviate stress under different light and water conditions (2009) Acta Physiol. Plant. 31. 553-563.

Стадии формирования сеянцев различных видов рода *Gleditsia* в сухостепных условиях

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Кристина Андреевна Мельник

Аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Поступила в редакцию 12.04.2021

Принята 15.08.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/m0430-7560-8054-y

Аннотация

Проблема развития сеянцев *Gleditsia* до сих пор является актуальной при разработке технологий выращивания растений для озеленительных целей. Изменение морфогенеза различных видов рода *Gleditsia* происходит в зависимости от напряженности факторов внешней среды. Объекты исследований – сеянцы различных видов рода *Gleditsia*, выращенных из семян дендрологических коллекций ФНЦ агроэкологии РАН кадастр 34:34:000000:122; 34:34:060061:10. Цель - рассмотреть временные интервалы развития сеянцев и определить особенности формирования проростков. Сравнить некоторые виды между собой и выявить потенциал каждого из вида. Выделить виды, которые отличаются лучшим ростом в данных почвенно-климатических условиях. Для выращивания сеянцев *Gleditsia* предпочтительнее использовать суглинистую почву. Глубина пахотного слоя около 30 см. Семена ошпаривали горячей водой при температуре 80°C. Сеянцы у *Gleditsia caspica* сформировались раньше на три дня, чем у *Gleditsia triacanthos*. К наиболее быстро растущим в первые дни жизни относится *Gleditsia texana*. Максимальным ростом сеянцев из перечисленных видов обладает *Gleditsia triacanthos* и *Gleditsia texana*. Выявлено, что сеянцы *G. triacanthos* растут быстро и к концу вегетации достигают размеров стандарта. Выход сеянцев 600—700 тыс. штук с гектара. Одного полива (150—200 м³ на гектар) достаточно для создания нормальных условий роста сеянцев. Некоторые сеянцы *G. triacanthos* (36,46 %) не смогли пройти полностью этапы развития из-за внешних факторов (температура, влажность). Больше всего недоразвитых сеянцев было у *G. caspica* (77,78 %), это объясняется природным ареалом ее обитания. Сеянцы *Gleditsia caspica* предпочитают более влажные почвы (70 %). При большой влажности (85 %) в почве развивается микробиота, которая препятствует развитию корневой системы. Хорошим ростом отличаются сеянцы, произрастающие в сухих условиях с рыхлой почвой. Первые настоящие листья развиваются раньше, чем семядоли успели полностью открыться. Во время эксперимента все сеянцы сохранили семядоли. Оптимальная температура почвы около 20—24°C, при дальнейшем же повышении температуры, равно как и при ее понижении, прорастание семян замедляется. Выявлены стадии формирования сеянцев различных

видов рода *Gleditsia* в сухостепных условиях, которые имеют практическое значение при разработке технологий выращивания растений.

Ключевые слова

Gleditsia texana, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia triacanthos*, стадии формирования сеянцев

Исследования проведены в рамках выполнения государственных заданий № 0508- 2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8) финансирование Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

В настоящее время актуально использовать посадочный материал, направленный на искусственное восстановление леса и на озеленение городских территорий (Zhang, 2021; Zhang, 2019). Сеянцы *Gleditsia* применяются в защитном лесоразведении, в котором она используется как главная порода в полозащитных лесных полосах, придорожных посадках, приовражных лесных насаждениях (Семенютина, 2018; Семенютина, 2019). При озеленении населенных пунктов ее высаживают на открытом грунте и в городских парках (Калашникова, 2018; Корниенко, 2018; Peter Csontos, 2020). Проблема развития сеянцев *Gleditsia* до сих пор является актуальной при разработке технологий выращивания растений для озеленительных целей (Tognetti, 2019; Agostina Lorca, 2019; Puglielli, 2021; Mazía, 2019). Изменение морфогенеза различных видов рода *Gleditsia* происходит в зависимости от напряженности факторов внешней среды (Csontos, 2020; Fernandez, 2017; Fernandez, 2015; Kazem Nourmohammadi, 2019). Цель - рассмотреть временные интервалы развития сеянцев и определить особенности формирования проростков. Сравнить некоторые виды между собой и выявить потенциал каждого из вида. Выделить виды, которые отличаются лучшим ростом в данных почвенно-климатических условиях.

Материалы и методы исследования

Прорастанье семян и динамика роста сеянцев изучалась на трех видов (*Gleditsia triacanthos*, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia texana*). Наблюдения за всходами и приростом у растений проводились вегетационного сезона. Максимальная температура + 32°C. Больше всего осадков выпало 25 июня 12,8 мм. Средняя влажность воздуха составляет примерно 50 %.

В исследованиях не использовали хим. обработки. Семена ошпаривали горячей водой при температуре 80°C. Посев был произведен в третьей декаде мая, когда установилась устойчивая теплая погода. Семена были высеяны в открытый грунт, в поле размером 1,2 X 2,5 м, заправленные рыхлой смесью компостного перегноя и песка с обычной культурно-поливной почвой. Семена заделывались на глубину, равную 3- 4 диаметрам семени. Заделка сеянцев определялась согласно требованиям нормативно технической документации по ГОСТу 26869-86, ГОСТу 3317-90.

Измерение проводились с помощью рулетки. Результаты обработаны в программе Excel.

Результаты и обсуждение

После посева сеянцы трогаются в рост через 3-4 дня. Сначала динамично растет зародышевый корешок. Для открытия семядоли требуется около двух дней. Первые настоящие листочки появляются через пять – шесть дней (рисунок 1).

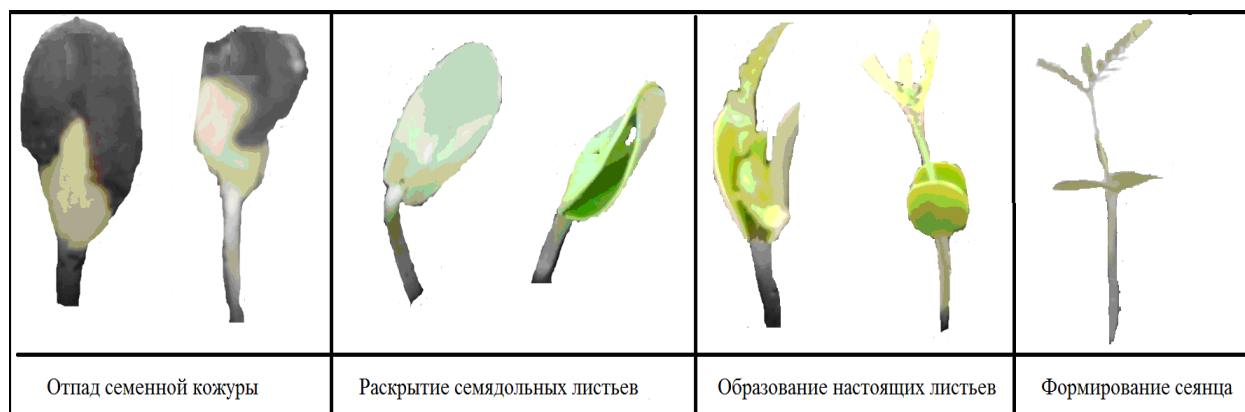


Рисунок 1. Этапы развития сеянцев рода *Gleditsia*

Семена в открытом грунте начинают прорастать в начале июня ($+22.5^{\circ}\text{C}$). Интенсивный рост зародышевого корешка происходит в первые 6-10 дней, который до выхода на поверхность проростка углубляется в почву на 5 – 12 см. Период от появления первых до массовых всходов составляет 15- 25 дня (рисунок 2).

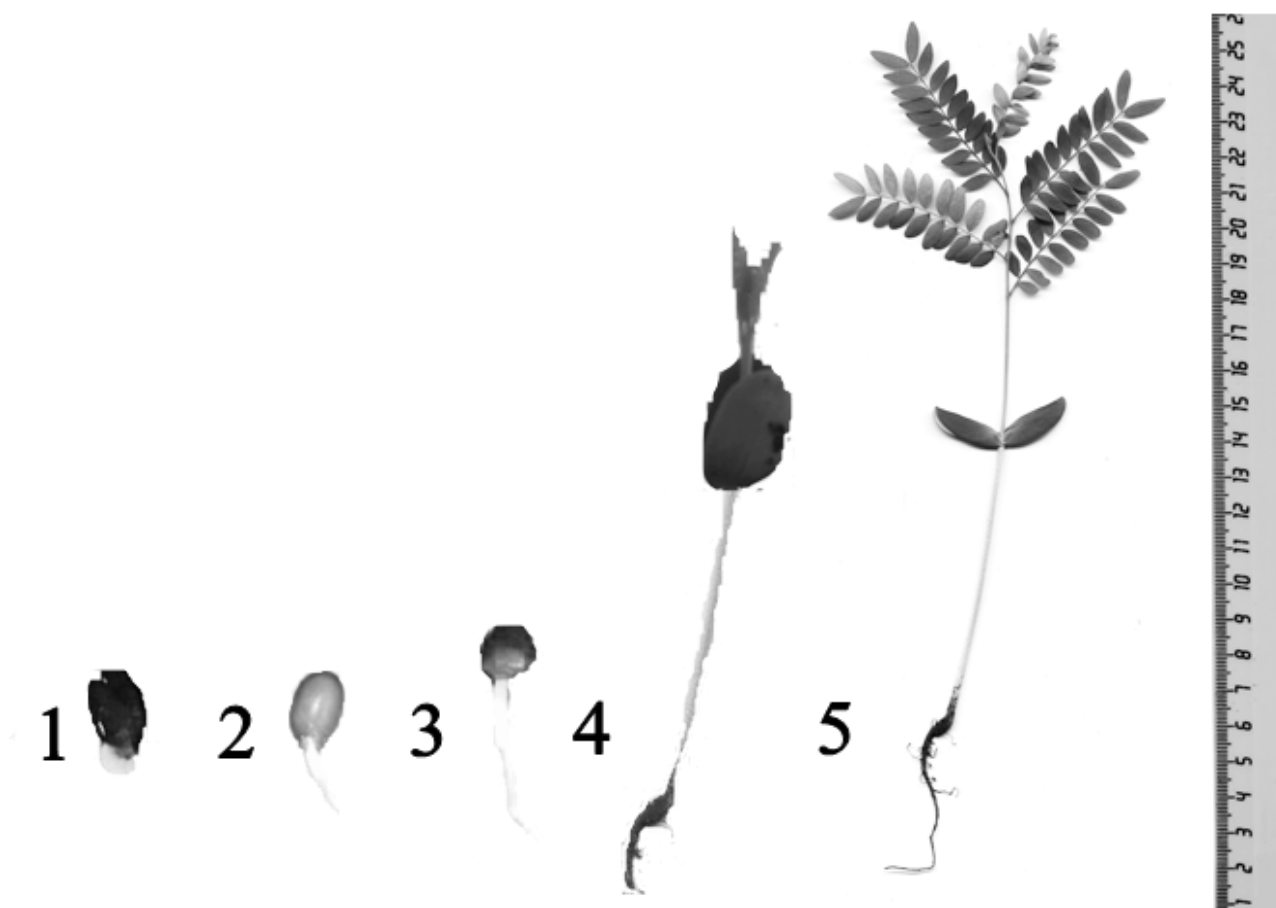


Рисунок 2. Стадии развития проростков *Gleditsia*. 1- семя с зародышевым корешком, 2 – семя с зачатком корневой системы, 3 –зачатки семядоли, 4 – появление семядоли и зачатки настоящих листьев, 5 – первые настоящие листья.

Появление массовых всходов у *Gleditsia triacanthos* - 3 июня. На следующий день семенная кожура у большинства сеянцев отпала и появились закрытые семядоли (таблица 1). Были

сформированы первые настоящие листья 11 июня. Сеянцы у *Gleditsia caspica* сформировались раньше на три дня, чем у *Gleditsia triacanthos*. *Gleditsia texana* развивается импульсивнее, чем другие виды сокращая временный отрезок почти в два раза, чем другие виды (таблица 2).

Таблица 1. Рост сеянцев в течение вегетационного периода рода *Gleditsia*

Виды	Место сбора семян	Появление первых всходов	Появление массовых всходов	Прирост за отчетный период, см	Высота за (на 01.09), см
<i>G. triacanthos</i>	Дендрологическая коллекция ФНЦ агроэкологии РАН Кадастр: 34:34:000000:122; 34:34:060061:10	1 / V	3 / VI	13	58
<i>G.texana</i>		29 / V	1 /VI	9	57,1
<i>G. caspica</i>		28 / V	30 / V	6	19

Таблица 2. Стадии формирования сеянцев *Gleditsia*

Стадии формирования сеянцев	<i>Gleditsia triacanthos</i>	<i>Gleditsia caspica</i>	<i>Gleditsia texana</i>
Массовое появление гипокотилия	3/ VI	30 / V	30 /V
Массовое появление закрытых семядолей	4 / VI	31 / V	31/V
Массовое открытие семядолей	6 / VI	4 / VI	2 / VI
Массовое появление двух настоящих листьев	11 / VI	6 / VI	4 / VI
Массовое появление четырех настоящих листьев	13 / VI	10 / VI	8 / VI

Термические условия регулируют интенсивность процессов фотосинтеза сеянцев *Gleditsia*, которые влияют на рост и развитие проростков. Оптимальная температура для всех сеянцев видов рода *Gleditsia* составляет около 20—24°C, при дальнейшем же повышении температуры, равно как и при ее понижении, прорастание семян замедляется. Максимальный рост *Gleditsia caspica* происходит в период нарастания температуры воздуха до оптимума; когда воздух нагревается до 24°C. При температуре 35°C сеянцы всех видов резко замедляют рост (таблица 3).

Таблица 3. Температурные интервалы прорастания семян *Gleditsia* в почве (в °C)

Вид	Минимум	Оптимум	Максимум
<i>Gleditsia triacanthos</i>	8-12	20-22	32-35
<i>Gleditsia texana</i>	10-12	19-22	32- 35
<i>Gleditsia caspica</i>	12-14	22-24	36-38

Семена в открытом грунте начинают прорастать в начале июня. Интенсивный рост зародышевого корешка происходит в первые 6-10 дней, который до выхода на поверхность проростка углубляется в почву на 5 – 12 см. Период от появления первых до массовых всходов составляет 15- 25 дня .

Некоторые сеянцы *G. triacanthos* (36,46 %) не смогли пройти полностью этапы развития из-за внешних факторов (температура, влажность). Больше всего недоразвитых сеянцев было у *G. caspica* (77,78 %), это объясняется природном ареалом ее обитания. Сеянцы *Gleditsia caspica* предпочитают более влажные почвы (рисунок 3).

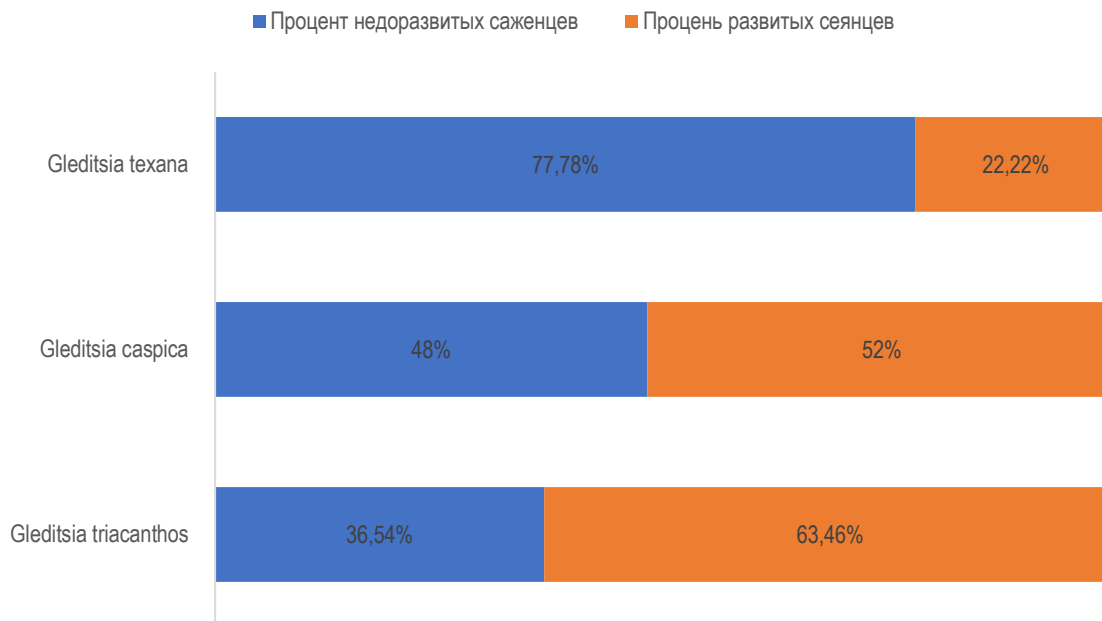


Рисунок 3. Процент развитых и недоразвитых сеянцев различных видов рода *Gleditsia*

Всходы различных видов отличаются по морфологии и момент появления над землей, характеризуется следующими показателями: для *Gleditsia triacanthos* подсемядольная часть утолщенная, длинная (4- 6 см). Семядоли овальные 1,5-2 см. Первые сложные листья вырастают до 4 см, парноперистые с 9-11 парами листочков, листья появляются рано, до полного развития семядолей.

У *Gleditsia caspica* семядоли овальные 1,5 см. Первые сложные листья вырастают до 3,5 см, парноперистые с 5-9 парами листочков, листья появляются рано, после развития семядолей

У *Gleditsia texana* семядоли овальные 1,5 см. Первые сложные листья вырастают до 4 см, парноперистые с 9-11 парами листочков, листья появляются рано, после развития семядолей (Рисунок 4, таблица 4.).



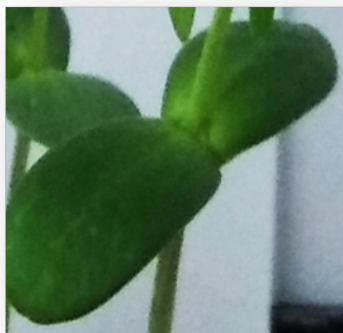
Gleditsia triacanthos

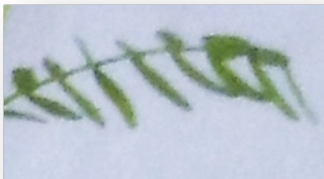
Gleditsia texana

Gleditsia caspica

Рисунок 4. Сеянцы различных видов рода *Gleditsia* в полный рост

Таблица 4. Максимальная, минимальная и средняя длина настоящих и семядольных листьев различных видов сеянцев *Gleditsia* в 15 – дневном

Виды	Настоящие листья		Семядольные листья	
	Размер, см	Фото-фиксация	Размер, см	Фото-фиксация
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Минимальная длина (1,5 см)		2 см	
	Средняя длина (3 см)			
			1, 5 см	

<i>Gleditsia caspica</i>	Максимальная длина (4 см)		1,5 см	
	Минимальная длина. (2 см)			
	Средняя Длина (3 см)			
	Максимальная длина (3,5)			
<i>Gleditsia texana</i>	Минимальная длина (2 см)		1,5 см	
	Средняя длина (3 см)			
	Максимальная длина (4 см)			

Главный корень саженцев через семь дней после всходов достиг 6 - 7 см у *Gleditsia triacanthos* и *Gleditsia texana*, боковых корней в этом возрасте не наблюдалось. Главный корень у всех видов обильно покрыт корневыми волосками по всей ее длине. Рядом с кончиком эти волоски беловатые или бесцветные и стенки чуть-чуть утолщены. Через неделю, уже когда сеянцы *Gleditsia texana* и *Gleditsia triacanthos* имели общую высоту растения над землей 14 см. Стержневой корень по-прежнему составлял 6-7 см, но уже были видны боковые корни. Количество боковых корней у *Gleditsia texana* составляло 6-8 шт. до 2,5 см в длину, у *Gleditsia triacanthos* 4-6 шт до 1,5 см в длину. Вся корневая система у сеянцев *Gleditsia caspica*, была плохо развита, главный корень составлял всего лишь 3 см в длину, а боковые до 0,5 см. Это можно объяснить, что этот вид менее устойчив к внешним факторам (температура, влажность), чем остальные виды (рисунок 5).

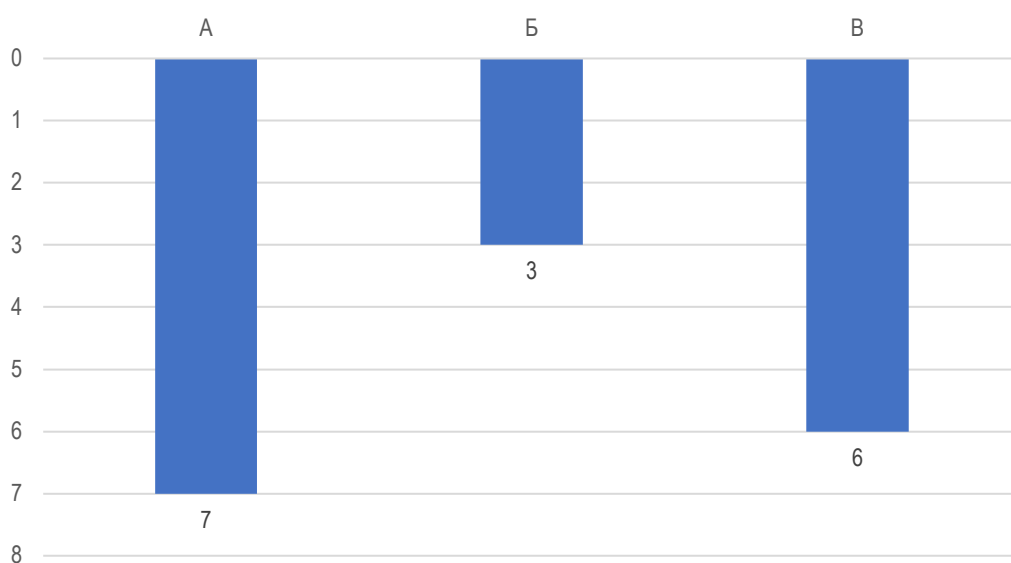


Рисунок 5. Глубина главного корня различных видов гледичии в 15-дневном возрасте (А- *Gleditsia triacanthos*, Б - *Gleditsia caspica*, В - *Gleditsia texana*)

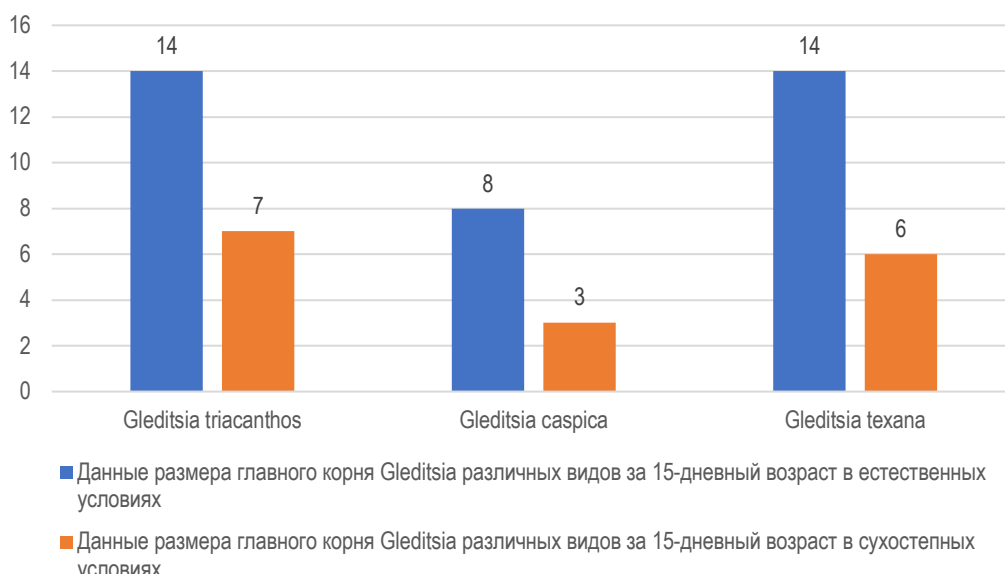


Рисунок 6. Фактические и расчетные размеры главного корня различных видов растений за 15-дневный возраст (А- *Gleditsia triacanthos*, Б - *Gleditsia caspica*, В - *Gleditsia texana*)

При большой влажности (85%) в почве развивается микробиота, которая препятствует развитию корневой системы (рисунок 6). Хорошим ростом отличаются сеянцы, произрастающие в сухих условиях с рыхлой почвой.

Заключение

В результате проведенных исследований для всех видов характерно надземное прорастание семян. Выход сеянцев 600—700 тыс. штук с гектара. Одного полива (150—200 м³ на гектар) достаточно для создания нормальных условий роста сеянцев. Для выращивания сеянцев *Gleditsia* рекомендуется суглинистая почва. Глубина пахотного слоя около 30 см. К наиболее быстро растущим в первые дни жизни относится *Gleditsia texana*. Максимальным ростом сеянцев из перечисленных видов обладает *Gleditsia triacanthos* и *Gleditsia texana*. Хорошим ростом отличаются сеянцы, произрастающие в сухих условиях с рыхлой почвой. Слабый рост наблюдается у *Gleditsia caspica*. Первые настоящие листья развиваются раньше, чем семядоли успели полностью открыться. Оптимальная температура для всех сеянцев видов рода *Gleditsia* составляет около 20—24°C, при дальнейшем же повышении температуры, равно как и при ее понижении, прорастания семян замедляется. Некоторые сеянцы *G. triacanthos* (36,46 %) не смогли пройти полностью этапы развития из-за внешних факторов (температура, влажность и скорость ветра). Больше всего недоразвитых сеянцев было у *G. caspica* (77,78 %), это объясняется природном ареалом ее обитания. Во время эксперимента все сеянцы сохранили семядоли. Выявлены стадии формирования сеянцев различных видов рода *Gleditsia* в сухостепных условиях, которые имеют практическое значение при разработке технологий выращивания растений.

Список литературы

1. Калашникова Л.М., Бозиева А.М. Адаптация древесных интродуцентов к условиям городской среды // В сборнике: Молодежь в науке: Новые аргументы. Международный молодежный сборник научных статей. Ответственный редактор А.В. Горбенко. Липецк, 2018. С. 92-95.
2. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Эколого-морфологические и биомеханические особенности *gleditsia triacanthos* L. в условиях антропогенного загрязнения города Донецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 143-151.
3. Семенютина А.В., Климов А.Д. Анализ биоресурсов генофонда *Robinia*, *Gleditsia* для лесомелиоративных комплексов на основе изучения адаптации к стресс-факторам // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8. № 2. С. 33-45.
4. Семенютина А.В., Лазарев С.Е., Мельник К.А. Оценка репродуктивной способности представителей родовых комплексов и особенности их селекционного семеноведения в сухостепных условиях // World Ecology Journal. 2019. Т.9. №1. С.1–23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001
5. Agostina Lorca, E., Ferreras, A.E., Funes, G. Seed size and seedling ontogenetic stage as modulators of damage tolerance after simulated herbivory in a woody exotic species // Australian Journal of Botany Volume 67, Issue 2, 2019, Pages 159-164 DOI:10.1071/BT18093
6. Csontos, P., Kalapos, T., Faradhimu, T., Hardi, T., Tamás, J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // Biologia Futura. Volume 71, Issue 1-2, 1 June 2020, Pages 81-91 DOI: 10.1007/s42977-020-00020-w
7. Fernandez, R.D., Ceballos, S.J., Malizia, A., Aragón, R. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion Australian Journal of Botany Volume 65, Issue 3, 2017, Pages 203-213 DOI:10.1071/BT16147
8. Kazem Nourmohammadi, Davoud Kartoolinejad, Reza Naghdi3, Carol C. Baskin Effects of dormancy-breaking methods on germination of the water impermeable seeds of *Gleditsia caspica* (Fabaceae) and seedling growth // FOLIA OECOLOGICA – vol. 46, no. 2 (2019), doi: 10.2478/foecol-2019-0014
9. Mazia, N., Chaneton, E.J., Ghera, C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland // Biological Invasions Volume 21, Issue 4, 2019, Pages 1351-1363 DOI: 10.1007/s10530-018-1906-x

10. Mazia, N., Chaneton, E.J., Ghera, C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland Biological Invasions Volume 21, Issue 4, 2019, Pages 1351-1363 DOI:10.1007/s10530-018-1906-x
11. Peter Csontos, Tibor Kalapos, Tito Faradhimu, Annamaria Laborez, Tamas Hardi, Julia Tamas Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // *Biologia Futura* (2020) 71:81–91 <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00020-w>
12. Puglielli, G., Laanisto, L., Poorter, H., Niinemets, Ü. Global patterns of tree species biomass distribution with different shade and drought tolerance: evidence for multiple strategies // *New Phytologist* Volume 229, Issue 1, 2021, Pages 308-322 DOI: 10.1111/nph.16879
13. Sosa, B., Caballero, N., Carvajales, A., Mello, A.L., Achkar, M. Control of *gleditsia triacanthos* in the national park esteros of farrapos and uruguay river islands | [Control de *gleditsia triacanthos* en el parque nacional esteros de farrapos e islas del río Uruguay] *Ecologia Austral* Volume 25, Issue 3, 2015, Pages 250-254 DOI: 10.25260/EA.15.25.3.0.183
14. Tognetti, P.M., Mazia, N., Ibáñez, G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes// *Annals of Botany* Volume 124, Issue 2, 2019, Pages 307-318 DOI:10.1093/aob/mcz07
15. Zhang, M.Yi, X. Seedling recruitment in response to artificial gaps: predicting the ecological consequence of forest disturbance // *Plant Ecology* Volume 222, 2021, Pages 81-92. DOI:10.1007/s11258-020-01089-y

Stages of formation of seedlings of various species of the genus *GLEDITSIA* in dry-steppe conditions

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Kristina A. Melnik

Postgraduate student, junior researcher of the laboratory of bioecology of woody plants

Federal Research Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

melnik-k@vfanc.ru

0000-0002-7345-2751

Received 12.04.2021

Accepted 15.08.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/m0430-7560-8054-y

Abstract

The problem of the development of *Gleditsia* seedlings is still relevant when developing technologies for growing plants for landscaping purposes. The morphogenesis of various species of the genus *Gleditsia* changes depending on the intensity of environmental factors. The objects of research are seedlings of various

species of the genus *Gleditsia* grown from seeds of dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences Cadastre 34:34:000000:122; 34:34:060061:10. The purpose is to consider the time intervals of seedlings development and to determine the features of the formation of seedlings. Compare some species with each other and identify the potential of each species. To identify the species that differ in the best growth in these soil and climatic conditions. It was revealed that seedlings grow quickly and reach the size of the standard by the end of the growing season. The yield of seedlings is 600-700 thousand pieces per hectare. One watering (150-200 m³ per hectare) is enough to create normal conditions for the growth of seedlings. Some seedlings of *G. triacanthos* (36.46%) could not complete the stages of development due to external factors (temperature, humidity and wind speed). *G. caspica* had the most underdeveloped seedlings (77.78%), this is due to its natural habitat. Seedlings of *Gleditsia caspica* prefer wetter soils (70%). At high humidity (85%), a microbiota develops in the soil, which prevents the development of the root system. The length of the main root of the species of the genus *Gleditsia* has been reduced by half. Seedlings growing in dry conditions with loose soil are distinguished by good growth. It is preferable to use loamy soil for growing *Gleditsia* seedlings. The depth of the arable layer is about 30 cm. *Gleditsia* seeds were sown after heat treatment (+ 80 °C). Seedlings of *Gleditsia caspica* formed three days earlier than those of *Gleditsia triacanthos*. *Gleditsia texana* is one of the fastest growing in the first days of life. The maximum growth of seedlings from the listed species has *Gleditsia triacanthos* and *Gleditsia texana*. The first real leaves develop before the cotyledons have had time to fully open. During the experiment, all seedlings retained cotyledons. The optimal soil temperature is about 20-24 °C, with a further increase in temperature, as well as with its decrease, seed germination slows down.

Keywords

Gleditsia texana, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia triacanthos*, stages of seedling formation

The research was carried out within the framework of state tasks No. 0508- 2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8) financing the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Kalashnikova L.M., Bozieva A.M. Adaptacija drevesnyh introducentov k uslovijam gorodskoj sredy // V sbornike: Molodezh' v nauke: Novye argumenty. Mezhdunarodnyj molodezhnyj sbornik nauchnyh statej. Otvetstvennyj redaktor A.V. Gorbenko. Lipeck, 2018. S. 92-95.
2. Kornienko V.O., Kalaev V.N. Jekologo-morfologicheskie i biomehanicheskie osobennosti gleditsia triacanthos l. v uslovijah antropogennogo zagraznenija goroda Donecka // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Himija. Biologija. Farmacija. 2018. № 2. S. 143-151.
3. Semenjutina A.V., Klimov A.D. Analiz bioresursov genofonda Robinia, Gleditsia dlja lesomeliorativnyh kompleksov na osnove izuchenija adaptacii k stress-faktoram // Nauka. Mysl': jelektronnyj periodicheskij zhurnal. 2018. T. 8. № 2. S. 33-45.
4. Semenjutina A.V., Lazarev S.E., Mel'nik K.A. Ocenka reproduktivnoj sposobnosti predstavitelej rodovyh kompleksov i osobennosti ih selekcionnogo semenovedenija v suhostepnyh uslovijah// World Ecology Journal. 2019. T.9. №1. S.1–23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001
5. Agostina Lorca, E., Ferreras, A.E., Funes, G. Seed size and seedling ontogenetic stage as modulators of damage tolerance after simulated herbivory in a woody exotic species // Australian Journal of Botany Volume 67, Issue 2, 2019, Pages 159-164 DOI:10.1071/BT18093
6. Csontos, P., Kalapos, T., Faradhimu, T., Hardi, T., Tamás, J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // Biologia Futura. Volume 71, Issue 1-2, 1 June 2020, Pages 81-91 DOI: 10.1007/s42977-020-00020-w

7. Fernandez, R.D., Ceballos, S.J., Malizia, A., Aragón, R. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion Australian Journal of Botany Volume 65, Issue 3, 2017, Pages 203-213 DOI:10.1071/BT16147
8. Kazem Nourmohammadi, Davoud Kartoolinejad, Reza Naghdi³, Carol C. Baskin Effects of dormancy-breaking methods on germination of the water impermeable seeds of *Gleditsia caspica* (Fabaceae) and seedling growth // FOLIA OECOLOGICA – vol. 46, no. 2 (2019), doi: 10.2478/foecol-2019-0014
9. Mazia, N., Chaneton, E.J., Ghera, C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland // Biological Invasions Volume 21, Issue 4, 2019, Pages 1351-1363 DOI: 10.1007/s10530-018-1906-x
10. Mazia, N., Chaneton, E.J., Ghera, C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland Biological Invasions Volume 21, Issue 4, 2019, Pages 1351-1363 DOI:10.1007/s10530-018-1906-x
11. Peter Csontos , Tibor Kalapos, Tito Faradhimu, Annamaria Laborez, Tamas Hardi, Julia Tamas Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas // Biologia Futura (2020) 71:81–91 <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00020-w>
12. Puglielli, G., Laanisto, L., Poorter, H., Niinemets, Ü. Global patterns of tree species biomass distribution with different shade and drought tolerance: evidence for multiple strategies // New Phytologist Volume 229, Issue 1, 2021, Pages 308-322 DOI: 10.1111/nph.16879
13. Sosa, B., Caballero, N., Carvajales, A., Mello, A.L., Achkar, M. Control of *Gleditsia triacanthos* in the national park esteros of Farrapos and Uruguay river islands | [Control de *Gleditsia triacanthos* en el parque nacional esteros de Farrapos e islas del río Uruguay] Ecologia Austral Volume 25, Issue 3, 2015, Pages 250-254 DOI: 10.25260/EA.15.25.3.0.183
14. Tognetti, P.M., Mazia, N., Ibáñez, G. Seed local adaptation and seedling plasticity account for *Gleditsia triacanthos* tree invasion across biomes// Annals of Botany Volume 124, Issue 2, 2019, Pages 307-318 DOI:10.1093/aob/mcz07
15. Zhang, M.Yi, X. Seedling recruitment in response to artificial gaps: predicting the ecological consequence of forest disturbance // Plant Ecology Volume 222, 2021, Pages 81-92. DOI:10.1007/s11258-020-01089-y

Оценка современного биоразнообразия дендрофлоры долины р. Царица и пути её экологической реабилитации

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Александр Анатольевич Хатько

Соискатель лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
gelios134@gmail.com
 0000-0002-8495-0833

Поступила в редакцию 21.03.2021

Принята 23.07.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/m3466-1701-2869-z

Аннотация

На территории Волгоградской области смена главных типов почв и растительности происходит по мере продвижения с севера-запада на юго-восток. По долинам рек размещаются интразональные природные комплексы. Богатство, разнообразие и специфичность растительного покрова определяется географическим положением долины реки Царица, которая расположена в пределах Иловлинско – Волжского полого – волнистого овражно-балочного ландшафта. Особенности расположения и геосистемы долины в целом определили разнообразные вариации эдафической зональной флоры, а также наличие пойменных и нагорно-байрачных лесов, лугов, каменистых обнажений, песчаных массивов и др., свидетельствуют о важности долины реки Царица как элемента ландшафтно-экологического фундамента города. В сухостепной зоне (Волгоградская область) с резко континентальным климатом, без системного полива формирование естественных лесных массивов, лесопарков возможно только в долинах рек. Цель исследований – оценка состояния дендрофлоры в долине р. Царица. Объекты исследований – растения в донных, овражных и пойменных врезках долины р. Царица. Для изучения растительного покрова проведены следующие мероприятия: сбор, обобщение и анализ опубликованных и полученных материалов, фотофиксация объектов исследований растительного покрова, полевые исследования, включая экологический мониторинг. Выявлено, что под воздействием антропогенного фактора исследуемая местность была сильно деградирована, существует необходимость экологической реабилитации. Первым этапом при достижении восстановления территории, необходимо обеспечить сохранность естественной флоры. Противозерозионные лесозащитные насаждения необходимо проектировать на верхних террасах долины реки с учетом инвазивной активности высаживаемых растений. Формирование ольшаников в русловой части реки позволит закрепить сформированный рельеф на длительный срок, что приведет к постепенной реабилитации гидрологического режима и формированию условий подходящих для произрастания растений типичных для пойменных лесных сообществ. Проведение работ по

экологической реабилитации делает необходимым восстановление природных сообществ, приближенных по составу к исходным фитоценозам, поэтому при подборе растений для формирования древесно-кустарниковых сообществ необходимо учитывать экологический, фитоценотический и эстетический принципы.

Ключевые слова

Биоразнообразие, деревья, кустарники, зональная растительность, долина р. Царица, дендрофлора, экологическая реабилитация

Исследование выполнено по теме государственного задания (регистрационный номер 121041200195-4) Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения РАН.

Введение

Долина реки Царица является ключевым звеном при формировании ландшафтно-архитектурного фундамента города Волгограда. К востоку от города протекает река Волга, с запада с 1940 года произрастают государственные лесные полосы (Камышин-Сталинград, Сталинград-Степной-Черкесск). Государственные лесополосы имеют статус ООПТ регионального значения «Зеленое кольцо». Долина реки формирует природные коридоры соединяющие элементы «Зеленого кольца».

В настоящее время под воздействием антропогенных факторов экосистема долины реки сильно угнетена и нарушена. В связи с этим, целью нашего исследования стала оценка состояния дендрофлоры в долине р. Царица (Semenyutina, 2018; Semenyutina, 2014).

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: растительность долины р. Царица

Анализ растительного покрова проводился по данным натурных обследований, проведенных в августе – сентябре 2019 г.

Долина р. Царица находится в зоне сухих степей юго-западных склонов Волго-Иловлинского района Восточно-Европейской равнины (рисунок 1).

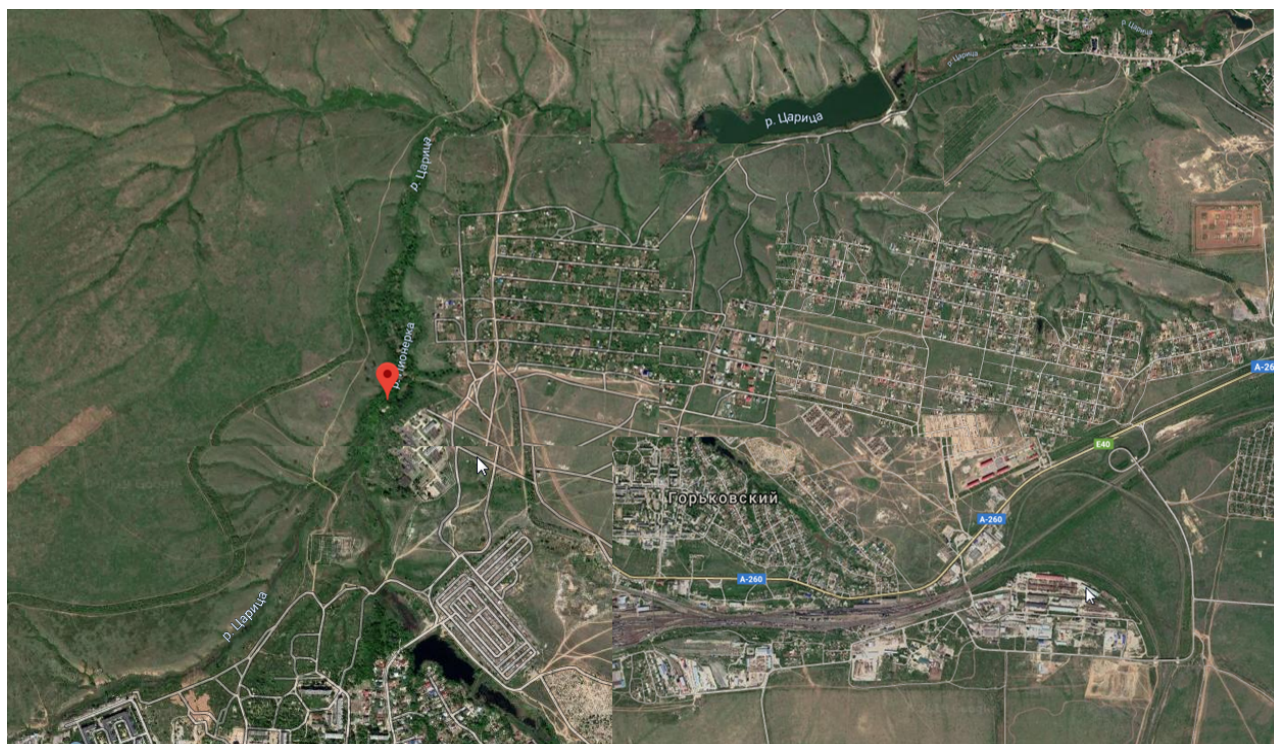




Рисунок 1. Расположение и границы объектов исследования геосистемы долины реки Царица

Флора долины реки Царицы сильно угнетена под воздействием человеческой деятельности.

При оценке территорий с растительным покровом использован комплексный подход с учетом биотических и абиотических составляющих. Фиксировались как единичные особи, а также группы особей, популяций (в целом или частично) и их сообщества (биологические макросистемы). Первостепенное значение отдавалось полевым исследованиям (изучение в естественной обстановке, непосредственно в природе) (Avdeev, 2020; Cao, 2016; Camarero, 2021; Ding, 2020; Kirby, 2017; Legesse, 2021; Larionov, 2020; Magnus, 2021; Ozherelieva, 2021; Oksuz, 2021).

При этом учитывали функциональное единство всех природных компонентов и классифицировали степень (уровень) экологического благополучия: норма; риск (удовлетворительное состояние); кризис (неудовлетворительное состояние), бедствие (катастрофическое состояние) по показателям ботанических критериев.

По степени антропогенного воздействия и нарушенности растительного покрова на исследуемой территории выделяется два района:

1. Состав и состояние растительных сообществ долины реки Царицы от границ города до Третьей Продольной магистрали.
2. Состав и состояние растительных сообществ долины реки Царицы от Третьей Продольной магистрали до ул. Симбирской.

Элементы растительности уникальны и своеобразны, так как разные таксоны имеют разную чувствительность и устойчивость к антропогенным воздействиям (Palmero-Iniesta, 2021; Savinykh, 2021; Siddique, 2021; Tinya, 2021; Tinya, 2017).

Результаты и обсуждение

Комплексность почвенного покрова совместно с рельефом местности обуславливает разделение территории на экотопы с различными лесорастительными условиями. Различия в режимах экотопов определяются в основном почвенными условиями, так как климат более или менее однороден на территории. А изменения мезо- и микрорельефа местности предопределяют перераспределение осадков и, тем самым, формирование строго определённых типов почв и растительности (рисунок 2).



Рисунок 2. Эдафические варианты зональной растительности (*Populus*, *Salix*, *Ephedra*)

Богатство флоры ландшафта р. Царица определяется разнообразием урочищ. Видовая насыщенность, смена аспектов, разнообразие жизненных форм, сложившиеся структура (ярусность) зависят от типов урочищ:

- плакорные или водораздельные (волнистые равнины, водораздельные равнины);
- склоновые (пологие и покатые приводораздельные склоны северной экспозиции, склоны межбалочных увалов южной экспозиции; рисунок 3);
- балочные и долинные (глубокие балки и донные, овражные и пойменные врезы; рисунок 4);
- овражные (растущие овраги и лощины, ложбины; рисунок 5).



Рисунок 3. Растительный покров на пологих и покатых при водораздельных склонах



Рисунок 4. Растительный покров донных, овражных и пойменных врезов



Рисунок 5. Растущие овраги

Состав и состояние растительных сообществ долины р. Царица от границ города до Третьей Продольной магистрали

Для анализа состава и состояния растительного покрова использованы данные обследований, проведенных в августе-сентябре 2019 г.

В верхней части речной долины сохранились типичные типчаково-ковыльные ассоциации. Наземная часть растений невысокая (до 50 см).

Листья многих растений в условиях недостатка влаги приобрели ряд особенностей. Распространенным ксероморфным признаком является наличие волосков. Листья тысячелистника, пижмы, полыни сильно расчленены, что уменьшает площадь испарения. Листья многих злаков свертываются. Особенностью корневых систем является их ярусное распределение, поверхностный – образуют корни эфемеров, средний ярус – корни дерновинных злаков, которые очень мощные, проникают на глубину до 1 м, наиболее глубокий ярус образуют корни разнотравья со стержневыми корневыми системами. Доминируют различные виды *Stipa*, *Festuca*, *Koeleria*.

На склонах балок широко распространена древесная и кустарниковая растительность (рисунок 6).



Рисунок 6. Древесная и кустарниковая растительность на склонах (северная экспозиция)

Наиболее сохранившаяся часть дендрофлоры долины находится в среднем течении реки от границ города до Третьей Продольной магистрали. Здесь сохранились участки типичных интразональных пойменных и байрачных лесных сообществ (рисунки 7, 8).



Рисунок 7. Ольшаник (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) в пойме среднего течения реки Царица



Рисунок 8. Байрачный лес на склонах речной долины (среднее течение реки)

Из древесных растений встречаются аборигенные виды: Боярышник однопестичный *Crataegus monogyna* Jacq. (Rosaceae), Боярышник сомнительный *Crataegus ambigua* C.A. Mey. ex A.K. Becker (Rosaceae), Вяз гладкий *Ulmus laevis* Pall., Вяз шершавый *Ulmus scabra* Mill., (Ulmaceae), Клен татарский *Acer tataricum* L. (Aceraceae), Роза собачья *Rosa canina* L. (Rosaceae) (рисунок 9), Ива пепельная *Salix cinerea* L., Ива трехтычинковая *Salix triandra*. Ива белая *Salix alba* L. (Salixaceae), Тополь черный *Populus nigra* L., Ольха клейкая *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn (рисунок 10), (Betulaceae), Дуб черешчатый *Quercus robur* L., Жостер слабительный *Rhamnus catharticus* L. (Rhamnaceae) и др.



Рисунок 9. *Rosa canina* L. (аборигенный вид)





Рисунок 10. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn (аборигенный вид)

Повсеместно встречаются экземпляры инвазивных видов: Клен ясенелистный *Acer negundo* L. (Aceraceae, Северная Америка), Ясень пенсильванский *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. (Oleaceae, Северная Америка), Лох узколистный *Elaeagnus angustifolia* L. (Elaeagnaceae).

Искусственные насаждения

В верхней части склонов реки встречаются искусственные насаждения Робинии псевдоакации и Сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (рисунок 11).



Рисунок 11. *Pinus sylvestris* (насаждения искусственного происхождения)

Согласно данным Ворошиловского участкового лесничества от третьей продольной магистрали до городской черты древесные насаждения имеют различные таксационные характеристики (рисунок 12).

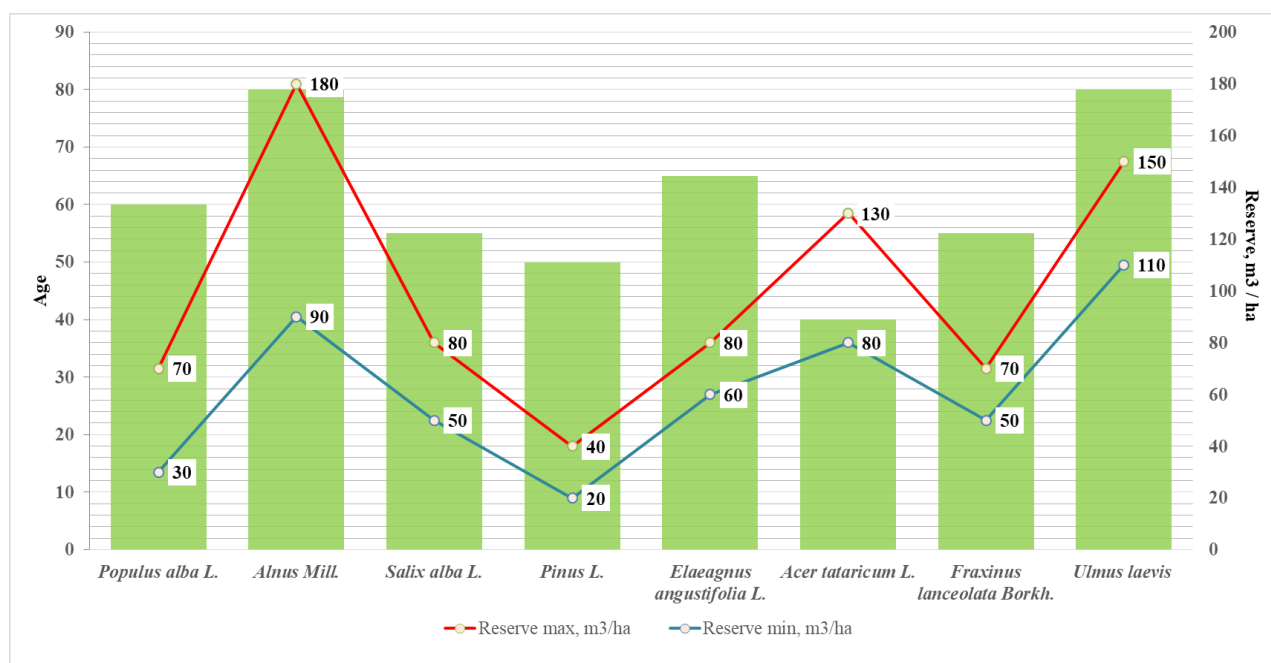


Рисунок 12. Состав древостоя

Появление новых данных о трансформации естественных биоценозов и расселении интродуцентов способствует выработке стратегии по предотвращению нежелательных эффектов интродукции растений. Изучение закономерностей появления естественных интродукционных популяций на объектах, подверженных деградации и техногенезу, позволит сделать малозатратной их мелиорацию, рекультивацию и обогащение (Van Daele, 2021; Xu, 2021; Yan, 2017).

В среднем и нижнем течении реки естественный растительный покров претерпел практически полную антропогенную трансформацию. Долина реки практически на всем протяжении застроена дачными массивами. Естественная древесная растительность на большей части территории уничтожена. Значительный вклад в формирование растительного покрова вносят инвазивные виды: Клен ясенелистный *Acer negundo* L. (Aceraceae, Северная Америка), Ясень пенсильванский *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. (Oleaceae, Северная Америка), Лох узколистный *Elaeagnus angustifolia* L. (Elaeagnaceae). На всем протяжении пойменной части реки доминирует тростник обыкновенный или южный (*Phragmites australis*).

Рекомендации по охране естественной дендрофлоры в рамках процесса экологической реабилитации

Первостепенным этапом является обеспечение сохранности естественных природных растительных таксонов, сохранившихся в долине реки Царица. В пойменной части – это ольшаники. Дубравы в среднем течении реки. К естественным пойменным сообществам также относятся тальники с преобладанием Ивы пепельной *Salix cinerea* L. и Ивы трехтычинковой *Salix triandra*. Особое внимание должно быть уделено охране мест произрастания редких и исчезающих видов растений, встречающихся в долине р. Царица.

Рекомендации по восстановлению типичных местообитаний байрачных и пойменных растительных сообществ р. Царица

Работы по восстановлению байрачных и пойменных растительных комплексов следует начинать с формирования и подготовки типичных местообитаний естественных природных видов растений. Для этого необходимо:

- расчистить пойменную часть от инвазивных видов растений;
- сформировать и расчистить русло реки от донных отложений;
- провести биогенное закрепление берегов насаждениями из Ольхи клейкой.

Следующим этапом является восстановление растительных сообществ:

- посадка древесных групп и массивов на пойменных террасах;
- восстановление околородной и луговой растительности.

Рекомендации по удалению инвазивной растительности

Удаление древесно-кустарниковых инвазивных видов растений (Клен ясенелистный, Ясень пенсильванский, Лох узколистный, и др.) необходимо проводить с помощью рубки древостоя, выкорчевывания пней и поросли, уборки выкорчеванных пней и вычесывания корней и мелких пней с последующим вывозом древесины и отходов. Для интродуцированных видов древесных растений, не проявляющих склонности к активному расселению, необходимо провести санитарную рубку и обрезку.

После окончания работ по удалению необходимо провести расчистку пойменной части реки от Тростника южного и провести планировку поверхности территории под посадку саженцев местных древесных видов растений.

Биогенное закрепление берегов насаждениями из Ольхи клейкой *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn

Результаты исследований показали, что р. Царица имеет четко выраженное русло только на территории ольшаников. Пойменные участки этой части долины реки, имеют типичную луговую растительность. Здесь практически отсутствуют Тростник Южный и Лох узколистный.

Данный факт объясняется ярко выраженной водорегулирующей и руслоформирующей функцией ольхи клейкой (рисунок 13).

Формирование ольшаников в русловой части реки позволит закрепить сформированный рельеф на длительный срок, что приведет к постепенной реабилитации гидрологического режима и

формированию условий подходящих для произрастания растений типичных для пойменных лесных сообществ.

Посадку Ольхи клейкой необходимо проводить непосредственно на склонах искусственно сформированного русла реки, вплоть до береговой линии.



Рисунок 13. Руслоформирующие насаждения *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn

Заключение

Посадку древесно-кустарниковой растительности необходимо проводить в пойменной части, на территориях, расчищенных от инвазивной растительности, а также в местах проведения производства работ.

Проведение работ по экологической реабилитации делает необходимым восстановление природных сообществ, приближенных по составу к исходным фитоценозам, поэтому при подборе растений для формирования древесно-кустарниковых сообществ необходимо учитывать экологический, фитоценотический и эстетический принципы.

Экологический принцип - подбор растений основывается особенностях биологического развития растений и адаптация к определенным условиям среды, сложившихся в процессе исторического развития растений, в первую очередь к условиям гидрологического режима. Ошибочное сопоставление условий произрастания и потребностям растений, может негативно отразиться на их жизнеспособности, росте, развитии, габитусе.

Фитоценотический принцип основан на подборе постоянных сочетаний растений, приспособленных к совместному обитанию в определенных условиях среды. Виды, входящие в состав каждого фитоценоза, в процессе сопряженной эволюции приспособились к совместному обитанию, выработали определенные взаимоотношения, которые выражаются в организации сообщества, в его структуре и составе.

В нижних надпойменных террасах возможна посадка Дуба черешчатого, Ясеня обыкновенного, Яблони ранней (*Malus praecox*), Бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosa*), Жостера

слабительного, Сливы колючей. На верхних террасах и на склонах балок необходимо высаживать типичные для данных местообитаний виды: Боярышник сомнительный, Боярышник однопестичный, Клен татарский, Ракитник русский, Розу собачью, Миндаль низкий, Спирею звероболистную, Чингиль серебристый и др.

Восстановление травянистой растительности необходимо осуществлять гидропосевом семян многолетних трав (залужением). Для восстановления долговечной травянистой растительности, сходной по составу и строению с природной для гидропосева рекомендуется использовать сложные многовидовые смеси семян. Они должны создаваться по особой методике ускоренного восстановления природной растительности в соответствии, с которой готовится посевная травосмесь с донорских участков. Включение в посевную смесь максимального числа растений должно осуществляться дробной уборкой дикорастущего донорского семенника в разные сроки.

Полученную посевную смесь используют для гидропосева в октябре – начале ноября (подзимний посев), чтобы семена начали прорастать весной после оттаивания почвы.

Список литературы

1. Avdeev, Y.M., Gorovoy, S.A., Karpenko, E., Kudryavtsev, V., Kozlovsky, L. (2020). Evaluation of the state of green plants under the conditions of urbanization [Avaliação do estado das plantas verdes sob as condições de urbanização], *Periodico Tche Quimica*, 17 (34), pp. 966-975.
2. Cao, Z., Li, T., Li, G., Liu, C., Gao, H., Dai, G., Li, S. (2016). Modular growth and clonal propagation of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in response to irrigation intensity. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 1019–1028. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0236-z>.
3. Camarero, J.J., Rubio-Cuadrado, Á. (2021). Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species: A new approach to quantify climate-growth relationships, *Forests*, 11 (12), статья № 1250, pp. 1-22. DOI: 10.3390/f11121250.
4. Ding, J., Travers, S.K., Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D.J. (2020). Multiple tradeoffs regulate the effects of woody plant removal on biodiversity and ecosystem functions in global rangelands, *Global Change Biology*, 26 (2), pp. 709-720. DOI: 10.1111/gcb.14839.
5. Kirby, K.J., Buckley, G.P., Mills, J. (2017). Biodiversity implications of coppice decline, transformations to high forest and coppice restoration in British woodland, *Folia Geobotanica*, 52 (1), pp. 5-13. DOI: 10.1007/s12224-016-9252-1.
6. Legesse, A., Negash, M. (2021). Species diversity, composition, structure and management in agroforestry systems: the case of Kachabira district, Southern Ethiopia, *Heliyon*, 7 (3), № e06477. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06477.
7. Larionov, M.V., Soldatova, V.V., Logacheva, E.A., Larionov, N.V., Ermolenko, A.S. (2020). An ecological analysis of the composition and condition of woody plants in urban and suburban ecosystems of the Khopyor River Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421 (6), статья № 062025. DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062025.
8. Magnus, G.K., Celanowicz, E., Voicu, M., Hafer, M., Metsaranta, J.M., Dyk, A., Kurz, W.A. (2021). Growing our future: Assessing the outcome of afforestation programs in ontario, Canada, *Forestry Chronicle*, 97 (2), pp. 179-190. DOI: 10.5558/tfc2021-019.
9. Ozherelieva, Z., Emelianova, O., Firsov, A. (2021). Introduced tree and shrub species for sustainable landscape compositions in the urban conditions, *E3S Web of Conferences*, 273, статья № 01013. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301013.
10. Oksuz, D.P., Aguiar, C.A.S., Tápia, S., Llop, E., Lopes, P., Serrano, A.R.M., Leal, A.I., Correia, O., Matos, P., Rainho, A., Branquinho, C., Correia, R.A., Palmeirim, J.M. (2021). The contribution of small shrubby patches to the functional diversity of wood-pastures, *Acta Oecologica*, 108, статья № 103626. DOI: 10.1016/j.actao.2020.103626.
11. Palmero-Iniesta, M., Pino, J., Pesquer, L., Espelta, J.M. (2021). Recent forest area increase in Europe: expanding and regenerating forests differ in their regional patterns, drivers and productivity trends, *European Journal of Forest Research*, 140 (4), pp. 793-805. DOI: 10.1007/s10342-021-01366-z.

12. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
13. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages, *Life Science Journal*, 11 (12S), pp. 699-702.
14. Savinykh, N.P., Shabalkina, S.V., Perestoronina, O.N. (2021). Features of the allocation of high conservation values of type "rare ecosystems and habitats" for certification of forests of the Kirov region, *Theoretical and Applied Ecology*, 2021 (2), pp. 229-234. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-229-234.
15. Siddique, I., Gavito, M., Mora, F., Godínez Contreras, M.D.C., Arreola, F., Pérez-Salicrup, D., Martínez-Ramos, M., Balvanera, P. (2021). Siddique, I., Gavito, M., Mora, F., Godínez Contreras, M.D.C., Arreola, F., Pérez-Salicrup, D., Martínez-Ramos, M., Balvanera, P., *Forest Ecology and Management*, 482, статья № 118848. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118848
16. Tinya, F., Kovács, B., Bidló, A., Dima, B., Király, I., Kutszegi, G., Lakatos, F., Mag, Z., Márialigeti, S., Nascimbene, J., Samu, F., Siller, I., Szél, G., Ódor, P. (2021). Environmental drivers of forest biodiversity in temperate mixed forests – A multi-taxon approach, *Science of the Total Environment*, Vol. 795, статья № 148720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148720.
17. Tardella, F.M., Postiglione, N., Vitanzi, A., Catorci, A. (2017). The effects of environmental features and overstory composition on the understory species assemblage in sub-mediterranean coppiced woods: Implications for a sustainable forest management. *Polish Journal of Ecology*, 65 (2), pp. 167-182. DOI: 10.3161/15052249PJE2017.65.2.001.
18. Van Daele, F., Honnay, O., De Kort, H. (2021). The role of dispersal limitation and reforestation in shaping the distributional shift of a forest herb under climate change, *Diversity and Distributions*, 27 (9), pp. 1775-1791. DOI: 10.1111/ddi.13367.
19. Xu, Q., Shi, S.-L., Jia, L.-Y., Bai, H., Cao, J.-X., Wang, G.-Y., Peng, P.-H. (2021). Effects of natural and artificial restoration on plant community characteristics of alpine cutting blank in Western Sichuan, China [自然与人工恢复对川西高山采伐迹地植物群落特征的影响], *Chinese Journal of Applied Ecology*, 32 (3), pp. 810-818. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202103.002.
20. Yan, W., Zhong, Y., & Shanguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>

Assessment of the modern biodiversity of the dendroflora of the Tsaritsa River valley and ways of its ecological rehabilitation

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Alexander A. Khatko

Applicant for the Laboratory of Bioecology of woody plants

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

gelios134@gmail.com

 0000-0002-8495-0833

Received 21.03.2021

Accepted 23.07.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/m3466-1701-2869-z

Abstract

On the territory of the Volgograd region, the main types of soils and vegetation change as they move from the north-west to the south-east. Intrazonal natural complexes are located along the river valleys. The richness, diversity and specificity of the vegetation cover is determined by the geographical location of the valley of the Tsaritsa River, which is located within the Ilovinsky - Volga hollow - wavy ravine-beam landscape. The features of the location and geosystem of the valley as a whole have determined various variations of the edaphic zonal flora, as well as the presence of floodplain and upland-bayrach forests, meadows, rocky outcrops, sand massifs, etc., indicate the importance of the valley of the Tsaritsa River as an element of the landscape and ecological foundation of the city. In the dry-steppe zone (Volgograd region) with a sharply continental climate, without systematic irrigation, the formation of natural woodlands, forest parks is possible only in river valleys. The purpose of the research is to assess the state of dendroflora in the valley of the Tsaritsa River. The objects of research are plants in the bottom, ravine and floodplain cuts of the valley of the Tsaritsa River. To study the vegetation cover, the following activities were carried out: collection, generalization and analysis of published and received materials, photofixation of objects of vegetation cover research, field research, including environmental monitoring. It was revealed that under the influence of the anthropogenic factor, the studied area was severely degraded, there is a need for environmental rehabilitation. The first step in achieving the restoration of the territory, it is necessary to ensure the preservation of the natural flora. Anti-erosion forest protection plantings should be designed on the upper terraces of the river valley, taking into account the invasive activity of the planted plants. The formation of alders in the riverbed will allow to consolidate the formed relief for a long time, which will lead to the gradual rehabilitation of the hydrological regime and the formation of conditions suitable for the growth of plants typical of floodplain forest communities. Carrying out works on ecological rehabilitation makes it necessary to restore natural communities that are close in composition to the original phytocenoses, therefore, when selecting plants for the formation of tree and shrub communities, it is necessary to take into account ecological, phytocenotic and aesthetic principles.

Keywords

Biodiversity, trees, shrubs, zonal vegetation, the valley of the Tsaritsa river, dendroflora, ecological rehabilitation

The research was carried out on the topic of the state assignment (registration number 121041200195-4) of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences.

References

1. Avdeev, Y.M., Gorovoy, S.A., Karpenko, E., Kudryavtsev, V., Kozlovsky, L. (2020). Evaluation of the state of green plants under the conditions of urbanization [Avaliação do estado das plantas verdes sob as condições de urbanização], *Periodico Tche Quimica*, 17 (34), pp. 966-975.
2. Cao, Z., Li, T., Li, G., Liu, C., Gao, H., Dai, G., Li, S. (2016). Modular growth and clonal propagation of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in response to irrigation intensity. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 1019–1028. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0236-z>.
3. Camarero, J.J., Rubio-Cuadrado, Á. (2021). Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species: A new approach to quantify climate-growth relationships, *Forests*, 11 (12), статья № 1250, pp. 1-22. DOI: 10.3390/f11121250.
4. Ding, J., Travers, S.K., Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D.J. (2020). Multiple tradeoffs regulate the effects of woody plant removal on biodiversity and ecosystem functions in global rangelands, *Global Change Biology*, 26 (2), pp. 709-720. DOI: 10.1111/gcb.14839.
5. Kirby, K.J., Buckley, G.P., Mills, J. (2017). Biodiversity implications of coppice decline, transformations to high forest and coppice restoration in British woodland, *Folia Geobotanica*, 52 (1), pp. 5-13. DOI: 10.1007/s12224-016-9252-1.
6. Legesse, A., Negash, M. (2021). Species diversity, composition, structure and management in agroforestry systems: the case of Kachabira district, Southern Ethiopia, *Heliyon*, 7 (3), № e06477. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06477.
7. Larionov, M.V., Soldatova, V.V., Logacheva, E.A., Larionov, N.V., Ermolenko, A.S. (2020). An ecological analysis of the composition and condition of woody plants in urban and suburban ecosystems of the Khopyor River Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421 (6), статья № 062025. DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062025.
8. Magnus, G.K., Celanowicz, E., Voicu, M., Hafer, M., Metsaranta, J.M., Dyk, A., Kurz, W.A. (2021). Growing our future: Assessing the outcome of afforestation programs in ontario, Canada, *Forestry Chronicle*, 97 (2), pp. 179-190. DOI: 10.5558/tfc2021-019.
9. Ozherelieva, Z., Emelianova, O., Firsov, A. (2021). Introduced tree and shrub species for sustainable landscape compositions in the urban conditions, *E3S Web of Conferences*, 273, статья № 01013. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301013.
10. Oksuz, D.P., Aguiar, C.A.S., Tápia, S., Llop, E., Lopes, P., Serrano, A.R.M., Leal, A.I., Correia, O., Matos, P., Rainho, A., Branquinho, C., Correia, R.A., Palmeirim, J.M. (2021). The contribution of small shrubby patches to the functional diversity of wood-pastures, *Acta Oecologica*, 108, статья № 103626. DOI: 10.1016/j.actao.2020.103626.
11. Palmero-Iniesta, M., Pino, J., Pesquer, L., Espelta, J.M. (2021). Recent forest area increase in Europe: expanding and regenerating forests differ in their regional patterns, drivers and productivity trends, *European Journal of Forest Research*, 140 (4), pp. 793-805. DOI: 10.1007/s10342-021-01366-z.
12. Semenyutina, A., Podkovyrova, G., Khuzhakhmetova, A., Svintsov, I., Semenyutina, V., & Podkovyrov, I. (2018). Engineering implementation of landscaping of low-forest regions. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1415–1422.
13. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. (2014). Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages, *Life Science Journal*, 11 (12S), pp. 699-702.
14. Savinykh, N.P., Shabalkina, S.V., Perestoronina, O.N. (2021). Features of the allocation of high conservation values of type "rare ecosystems and habitats" for certification of forests of the Kirov region, *Theoretical and Applied Ecology*, 2021 (2), pp. 229-234. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-229-234.
15. Siddique, I., Gavito, M., Mora, F., Godínez Contreras, M.D.C., Arreola, F., Pérez-Salicrup, D., Martínez-Ramos, M., Balvanera, P. (2021). Siddique, I., Gavito, M., Mora, F., Godínez Contreras, M.D.C., Arreola, F., Pérez-Salicrup, D., Martínez-Ramos, M., Balvanera, P., *Forest Ecology and Management*, 482, статья № 118848. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118848

16. Tinya, F., Kovács, B., Bidló, A., Dima, B., Király, I., Kutszegi, G., Lakatos, F., Mag, Z., Márialigeti, S., Nascimbene, J., Samu, F., Siller, I., Szél, G., Ódor, P. (2021). Environmental drivers of forest biodiversity in temperate mixed forests – A multi-taxon approach, *Science of the Total Environment*, Vol. 795, статья № 148720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148720.
17. Tardella, F.M., Postiglione, N., Vitanzi, A., Catorci, A. (2017). The effects of environmental features and overstory composition on the understory species assemblage in sub-mediterranean coppiced woods: Implications for a sustainable forest management. *Polish Journal of Ecology*, 65 (2), pp. 167-182. DOI: 10.3161/15052249PJE2017.65.2.001.
18. Van Daele, F., Honnay, O., De Kort, H. (2021). The role of dispersal limitation and reforestation in shaping the distributional shift of a forest herb under climate change, *Diversity and Distributions*, 27 (9), pp. 1775-1791. DOI: 10.1111/ddi.13367.
19. Xu, Q., Shi, S.-L., Jia, L.-Y., Bai, H., Cao, J.-X., Wang, G.-Y., Peng, P.-H. (2021). Effects of natural and artificial restoration on plant community characteristics of alpine cutting blank in Western Sichuan, China [自然与人工恢复对川西高山采伐迹地植物群落特征的影响], *Chinese Journal of Applied Ecology*, 32 (3), pp. 810-818. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202103.002.
20. Yan, W., Zhong, Y., & Shanguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009>

Обоснование адаптивности сортов *Zizyphus jujuba* к климатическим условиям Волгоградской области

Виктория Алексеевна Семенютина

Кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
VSem89@mail.ru
 0000-0002-7345-2740

Игорь Петрович Свинцов

Доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник-консультант
лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
igorsvintsov@yandex.ru
 0000-0003-2138-7390

Поступила в редакцию 04.04.2021

Принята 05.08.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/u7564-3716-7797-r

Аннотация

Актуальность обусловлена интродукцией субтропической плодовой культуры *Zizyphus jujuba* (унаби) в Волгоградскую область. Впервые в условиях Волгоградской области проанализирован и обобщен материал по биохимическим свойствам различных сортов плодов унаби. Цель исследований – изучение адаптивных реакций субтропических растений *Zizyphus jujuba* в северных точках возделывания на основе их биохимических и физиологических параметров. Объекты - растительные генотипы *Z. jujuba*: крупноплодные, среднеплодные и мелкоплодные. Опытные посадки с их участием возделываются на коллекционном участке ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Россия). Исследование адаптивных реакций на изменение условий среды базируется на фиксации экологических факторов и биоэкологии растительных особей на основе их физиологических и биохимических параметров в полевых и лабораторных условиях. В задачи исследований входило: выявление лимитирующих факторов, ограничивающих развитие; анализ критических периодов развития растений по изменению водного обмена и температурного режима; сравнительная оценка биохимических характеристик плодов в северной точке ареала культивирования с учетом адаптации к стресс-факторам (генотип-среда). Выявлено, что недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса. Установлена вариабельность содержания аскорбиновой кислоты по годам: у крупноплодных и среднеплодных растений от 31,9 до 66,5 мг %. У мелкоплодных растений в условиях культивирования вариабельность по годам менее выражена. В засушливый период (общий запас влаги в почве до двух метров 130-141 мм) содержание аскорбиновой кислоты снижается. Мелкоплодные растения, проявляющие высокую степень адаптации, имеют большие показатели содержания аскорбиновой кислоты (до 740,3 мг %). Ограничивающими факторами являются повышения температур и снижение влажности воздуха в летний период при малом количестве осадков и запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Продуктивность растений при стрессе сильно зависит от поддержания водного статуса растений. Любая оценка водного статуса должна учитывать реакцию растений на условия окружающей среды и характеристику этих условий

Ключевые слова

Адаптация, *Zizyphus jujuba*, засухоустойчивость, водный режим листьев, аскорбиновая кислота, биофлавоноиды, сахар, витамин Р

Введение

Унаби (*Zizyphus jujuba* Mill.) обладает хорошими садовыми качествами, включая адаптацию, устойчивость к засушливым условиям, биотическим и абиотическим стрессам, а также оказывает положительное влияние на здоровье человека. Унаби является ценным и экономически важным фруктовым деревом, произрастающим в Китае. По оценкам, его введение в культуру началось 7000 лет назад и существующие генотипы были сформированы гибридизацией с дикими сородичами (Almansa, 2016; Stănică, 2009). Ценные хозяйственные свойства способствовали расширению ареала распространения в более 50 стран по всему миру. Впервые он распространился в соседние страны Китая, затем завезен в Европу по Шелковому пути (Semenyutina, 2016; Semenyutina, 2014). Непрерывный естественный и искусственный отбор способствовал увеличению генетического разнообразия. В настоящее время насчитывается около 1000 разновидностей *Zizyphus jujuba* (Ji X, 2017; Liu M, 2016).

В последние годы передовые биотехнологические инструменты внесли большой вклад в понимание состава и экспрессии генов, влияющих на свойства унаби (Bai L, 2016; Chen J, 2017). Анализ генома старейшего сорта «Dongzao» представил новые идеи для прогнозирования характеристик плодов *Zizyphus jujuba*, включая высокое содержание витамина С, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам (Xu C, 2016).

Исследование адаптивных реакций на изменение условий среды базируется на фиксации экологических факторов и биоэкологии растительных особей на основе их физиологических и биохимических параметров в полевых и лабораторных условиях.

В задачи исследований входило: выявление лимитирующих факторов, ограничивающих развитие; анализ критических периодов развития растений по изменению водного обмена и температурного режима; сравнительная оценка биохимических характеристик плодов в северной точке ареала культивирования с учетом адаптации к стресс-факторам (генотип-среда).

Материалы и методы исследования

Объектами исследований были растительные генотипы кустарника *Zizyphus*. Опытные посадки с их участием возделываются на коллекционном участке ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Россия) (рисунок 1).



Рисунок 1. Общий вид коллекции

Проводились уточнения сортовой принадлежности. Для оценки адаптационных возможностей определялись показатели отношения к лимитирующим факторам среды.

Выход электролитов определялся по коллоидно-осмотическим свойствам протоплазмы прибором Mettler Toledo.

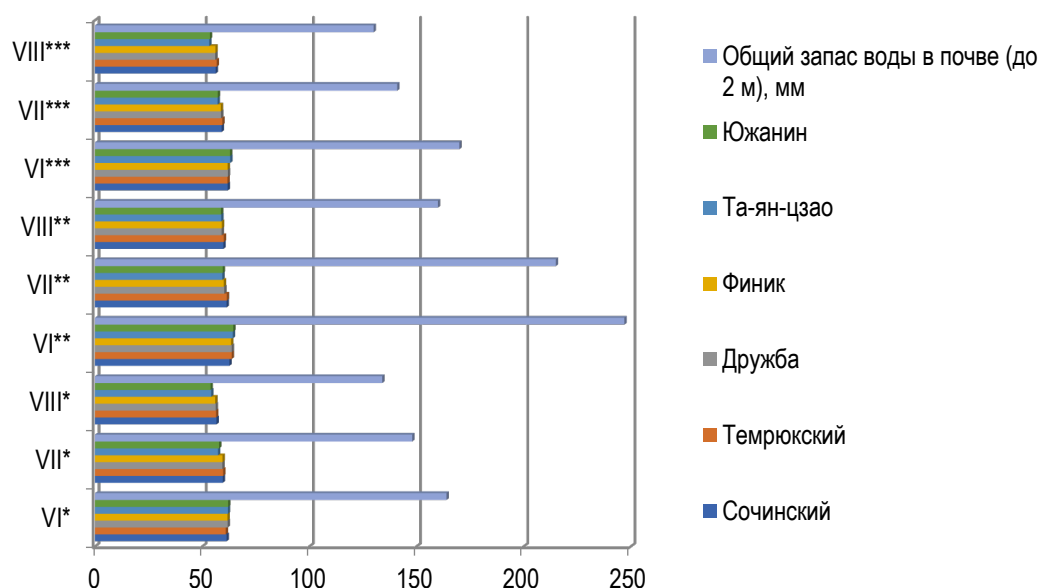
Содержание воды в листьях фиксировалось весовым методом (лабораторные весы Mercury 122ACF). Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния.

Результаты и обсуждение

По данным оценки растительных организмов и абиотических факторов среды выявлено, что развитие и биохимические характеристики плодоношения растительных организмов в районах с засушливым климатом зависят от влагообеспеченности и температурного режима.

Измерения влагосодержания почвы не могут предоставлять адекватную информацию для оценки воздействия водоснабжения на процессы растений и их урожайность. Содержание воды в растениях обуславливается лимитирующими абиотическими факторами среды (воздух, почва, вода и др.). Для определения дефицита воды в растении необходим мониторинг и анализ содержания воды в листьях.

Установлено, что содержание воды в листьях в период вегетации колеблется в пределах 53,3-64,5 % (Рисунок 2).



Примечание * - год с засушливыми условиями, ** - благоприятный в гидрологическом отношении (влажный), *** - менее благоприятный в гидрологическом отношении.

Рисунок 2. Содержание общей воды в листьях (в % от сырого веса)

Поток воды в растении осуществляется благодаря градиенту потенциала между почвой и растением, что приводит к испарению воды через устьица в атмосферу. Скорость транспирации контролируется градиентом водного потенциала (Рисунок 3).



Рисунок 3. Тургоресцентность листьев мелкоплодных сортов в условиях недостатка влаги

Продуктивность растений при стрессе сильно зависит от поддержания водного статуса растений. Любая оценка водного статуса должна учитывать реакцию растений на условия окружающей среды и характеристику этих условий (Рисунок 4).



Рисунок 4. Состояние различных органов в засушливые периоды

Дефицит воды в листьях варьирует в зависимости от повышения температурного режима и снижения влажности почвы (Рисунок 5).

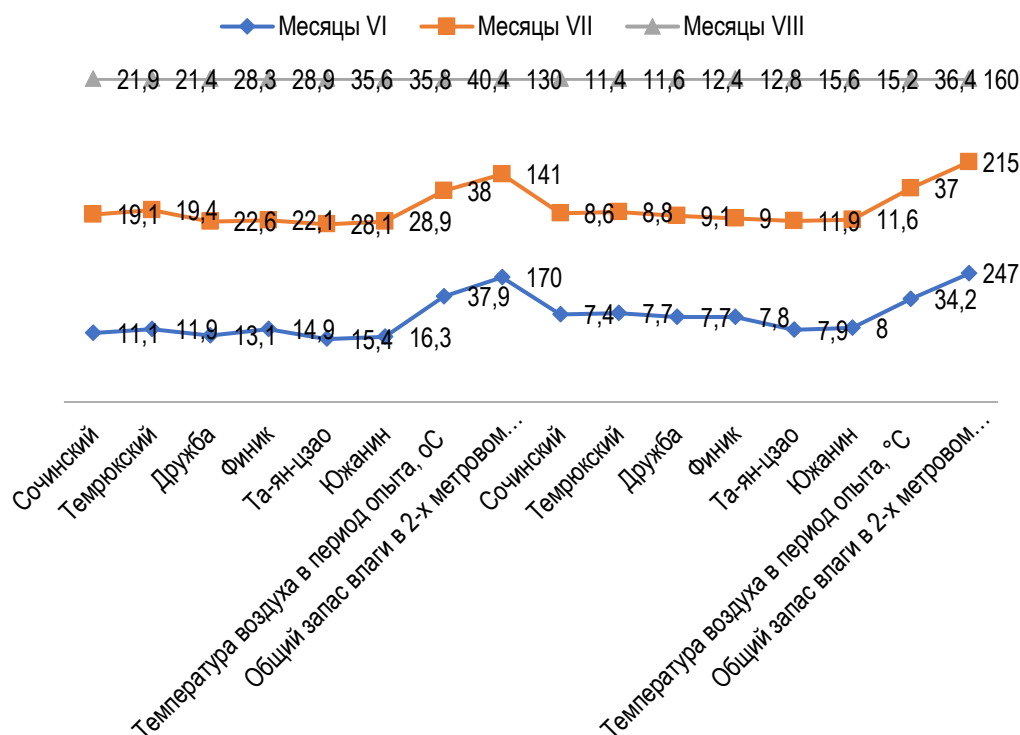
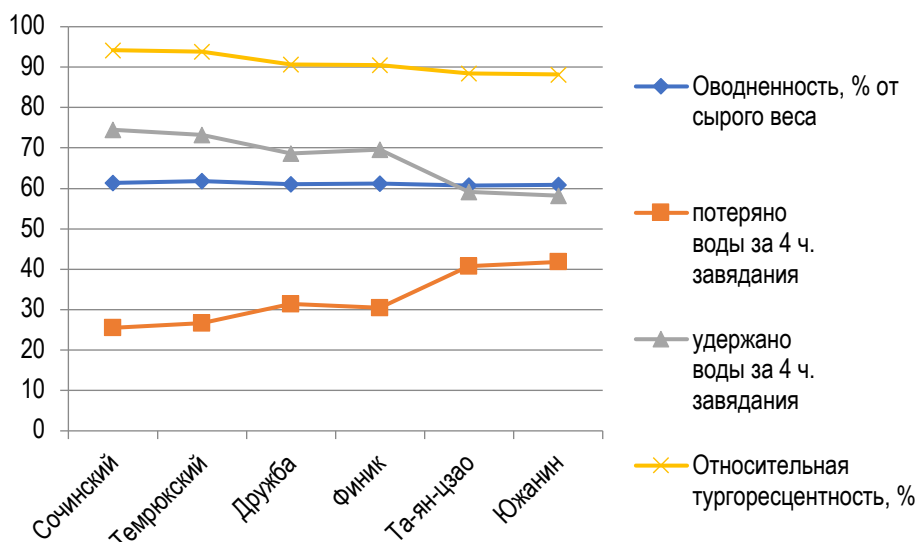


Рисунок 5. Зависимость сезонных изменений дефицита воды в листьях от общего запаса влаги в 2-х метровом слое почвы в течение вегетационного периода

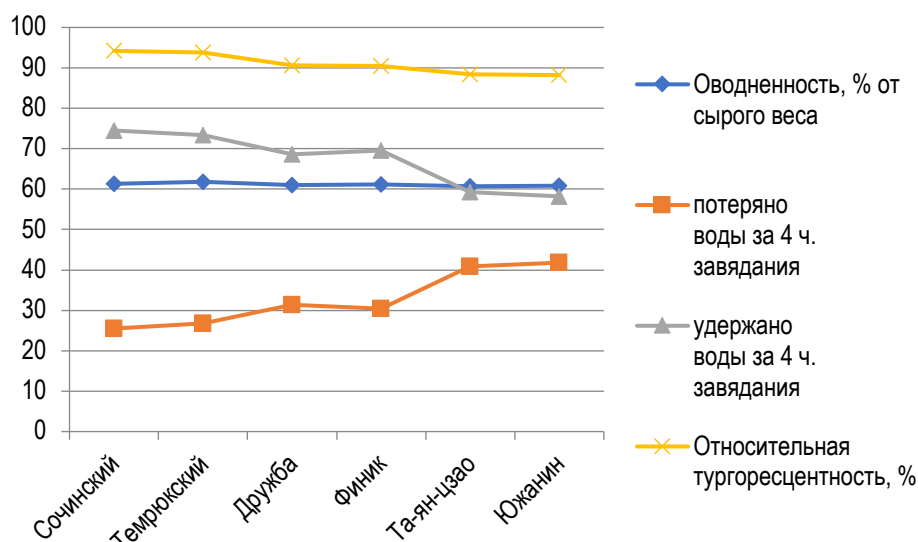
Недостаток влаги в листьях с июня по август не превышал 15,6%. У крупноплодных растительных организмов он был выше, чем у мелкоплодных. В мае-июне при высоком общем запасе влаги водный дефицит у всех сортов находился на уровне 7,4-8,0%.

В засушливый период при снижении запаса воды в почве до 141-130 мм и относительной влажности воздуха (до 10% в полуденные часы) при температуре 40,4 °С показатели дефицита воды в листьях всех сортов были выше в 2-2,5 раза.

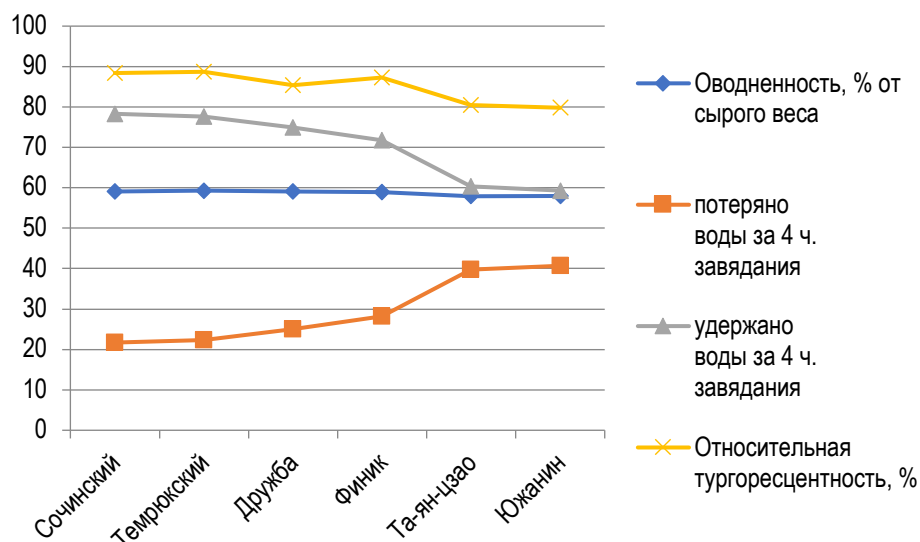
Сводные материалы по водному режиму растительных организмов в зависимости от общего запаса влаги за июль месяц представлены на рисунке 6.



А - общий запас влаги в 2 м слое почвы 150 мм



В - общий запас влаги в 2 м слое почвы 218 мм



С - общий запас влаги в 2 м слое почвы 143 мм

Рисунок 6. Водный режим листьев *Z. jujuba*

Недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса. В условиях Волгоградской области сорта *Zizyphus jujuba* ежегодно цветут и плодоносят (Рисунок 7)



A



Б



В

Рисунок 7. Цветущие побеги унаби (А, Б - Волгоград, июль 2020 г.; В – г. Камышин).

Факторы, контролирующие стрессовые условия, изменяют нормальное равновесие и приводят к ряду морфологических, физиологических, биохимических изменений в организмах, которые отрицательно влияют на рост и продуктивность. Урожайность растений может снижаться в результате нехватки воды до 50 процентов. Растения способны адаптироваться к стрессовым условиям посредством множества биохимических и физиологических изменений, которые включают функции связанных со стрессом генов. С другой стороны, продуктивное и устойчивое сельское хозяйство требует выращивания растений в засушливых и полузасушливых регионах с меньшими затратами ценных ресурсов, например пресной воды. (Huang J, 2016; Wang, 2016; Xie, 2017) (Рисунок 8).





A





Б





В

Рисунок 8 – Растения *Zizyphus jujuba* с крупными (А), средними (Б) и мелкими (В) плодами в условиях Волгограда

Отмечены большой диапазон в содержании аскорбиновой кислоты в различных частях плодов и ее активное участие в окислительно-восстановительных реакциях. Количественное определение витамина Р основывалось на применении индигокармина (индикатор). Самое высокое содержание витамина Р (около 72 мг%) в плодах сортов Сочинский и Та-ян-цзао. Наименьшее его содержание в плодах сортов Южанин и Темрюкский (70,4 и 70,8 мг%). Средним содержанием витамина Р из изученных сортов характеризуются Дружба и Финик (68,6 и 69,4 мг%)

Более высокая температура в период созревания плодов способствует накоплению биофлавоноидов (Рисунок 9).

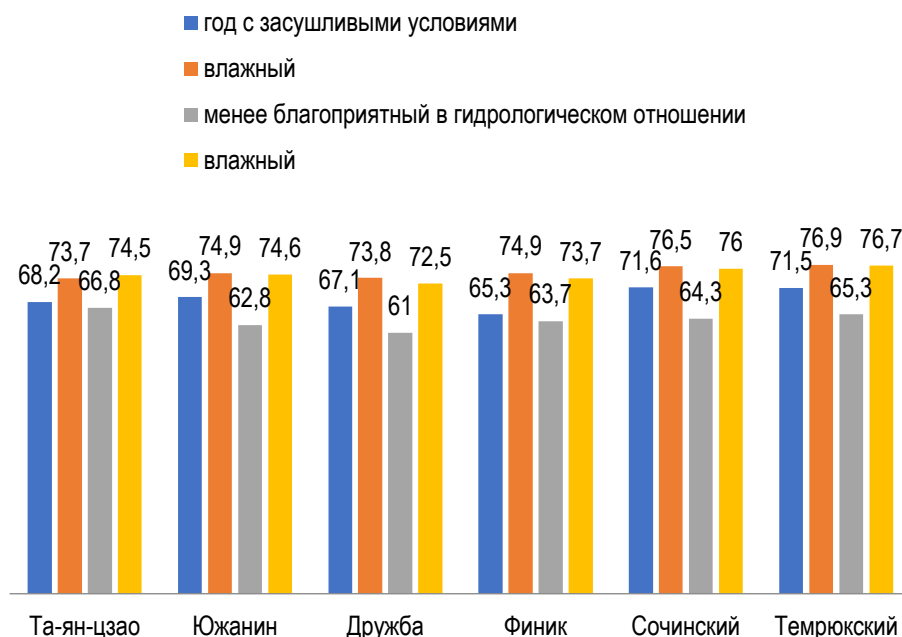


Рисунок 9. Содержание витамина Р (мг %) в годы исследований

Углеводы в плодах представлены в основном фруктозой, глюкозой, сахарозой. Установлено, что в зрелых плодах (Сочинский, Темрюкский) меньшее содержание сахаров. Сравнительные биохимические характеристики плодов в районах с засушливым климатом (Волгоградская область) представлены на рисунке 10.

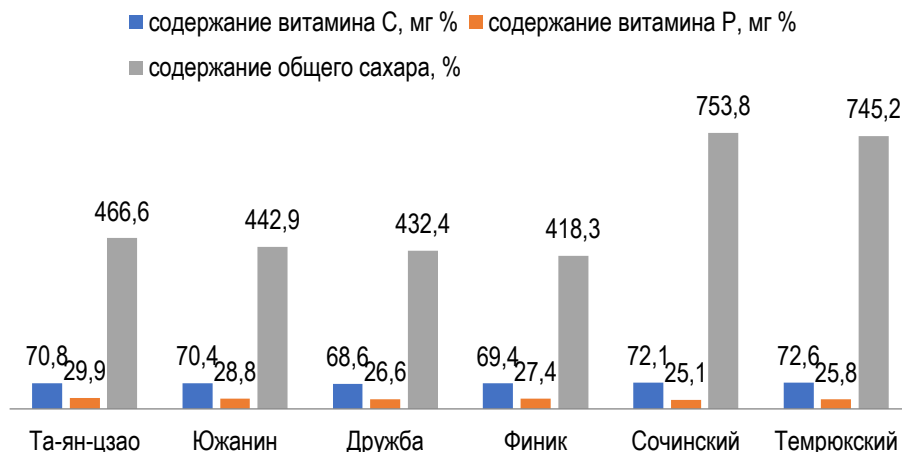


Рисунок 10. Характеристика плодоношения по биохимическим показателям (среднее за 4 года)

Заключение

Развитие растительных организмов *Zizyphus jujuba* и биохимические характеристики плодоношения в районах с засушливым климатом (Волгоградская область) зависят от влагообеспеченности и температурного режима.

Содержание общей воды в листьях в течение сезона (в благоприятный в гидрологическом отношении год) изменялось на 5,4-5,8 %, а в засушливый год на 7,8-9,8%.

Недостаток воды приводит к увеличению концентрации растворимых веществ. Обезвоживание приводит к нарушению целостности мембран и оказывает влияние на состав пигментного комплекса.

Установлена вариабельность по годам содержания аскорбиновой кислоты: у крупноплодных и среднеплодных растений от 31,9 до 66,5 мг %. У мелкоплодных растений в условиях культивирования

вариабельность по годам менее выражена. В засушливый период содержание аскорбиновой кислоты снижается. Мелкоплодные растения, проявляющие высокую степень адаптации, имеют большие показатели содержания аскорбиновой кислоты (до 740,3 мг %).

Ограничивающими факторами являются повышения температур и снижение влажности воздуха в летний период при малом количестве осадков и запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Список литературы

1. Almansa, S.; Hernández, F.; Legua, P.; Nicolás-Almansa, M.; Amorós, A. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and on-tree ripening of two Spanish jujube cultivars (*Ziziphus jujuba* Mill.). *J. Sci. Food Agri.* 2016, 96, 4098–4105.
2. Bai L, Zhang H, Liu Q, Zhao Y, Cui X, Guo S, et al. Chemical characterization of the main bioactive constituents from fruits of *Ziziphus jujuba*. *Food Funct.* 2016;7(6):2870-7. <https://doi.org/10.1039/c6fo00613b>
3. Chen J, Liu X, Li Z, Qi A, Yao P, Zhou Z, et al. A review of dietary *Ziziphus jujuba* fruit (jujube): Developing health food supplements for brain protection. *Evid-Based Compl Alt.* 2017;2017:3019568. <https://doi.org/10.1155/2017/3019568>
4. Huang J, Zhang C, Zhao X, Fei Z, Wan K, Zhang Z, et al. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees. *PLoS Genet.* 2016;12(12):e1006433. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006433>
5. Ji X, Peng Q, Yuan Y, Shen J, Xie X, Wang M. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. *Food Chem.* 2017;227:349-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.074>
6. Liu M, Zhao Z. Origin, distribution, germplasm, and growing of Chinese dates. In: Liu D, Ye X, Jiang Y, editors. *Chinese date: A traditional functional food*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2016. pp. 23-31. <https://doi.org/10.1201/b20025>
7. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening (2016) *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110 (2), pp. 361-368. doi: 10.12732/ijpam.v110i2.10
8. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 2014, 11(12S), стр. 699–702
9. Stănică, F Characterization of two Romanian local biotypes of *Zizyphus jujube*. / F. Stănică // *Acta Hort.* 840, 259-262 DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.840.34 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.840.34>
10. Wang, B.; Huang, Q.; Venkitasamy, C.; Chai, H.; Gao, H.; Cheng, N.; Cao, W.; Lv, X.; Pan, Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT* 2016, 66, 56–62.
11. Xie, P.P.; You, F.; Huang, L.; Zhang, C. Comprehensive assessment of phenolic compounds and antioxidant performance in the developmental process of jujube (*Ziziphus jujube* Mill.). *J. Funct. Foods* 2017, 36, 233–242.
12. Xu C, Gao J, Du Z, Li D, Wang Z, Li Y, Pang X. Identifying the genetic diversity, genetic structure and a core collection of *Ziziphus jujuba* Mill. var. *jujuba* accessions using microsatellite markers. *Sci Rep-UK.* 2016;6:Article no. 31503.

Substantiation of the adaptability of *Zizyphus jujuba* varieties to the climatic conditions of the Volgograd region

Victoria A. Semenyutina

Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

VSem89@mail.ru

 0000-0002-7345-2740

Igor P. Svintsov

Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher-Consultant of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

igorsvintsov@yandex.ru

 0000-0003-2138-7390

Received 04.04.2021

Accepted 05.08.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/u7564-3716-7797-r

Abstract

The relevance is due to the introduction of the subtropical fruit culture *Zizyphus jujuba* (unabi) to the Volgograd region. For the first time in the conditions of the Volgograd region, the material on the biochemical properties of various varieties of una-bi fruits was analyzed and generalized. The aim of the research is to study the adaptive reactions of subtropical plants of *Zizyphus jujuba* in the northern points of cultivation based on their biochemical and physiological parameters. The objects are plant genotypes of *Z. jujuba*: large-fruited, medium-fruited and small-fruited. Experimental plantings with their participation are cultivated at the collection site of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Russia). The study of adaptive reactions to changing environmental conditions is based on the fixation of environmental factors and bioecology of growing individuals based on their physiological and biochemical parameters in the field and laboratory conditions. The research objectives included: identification of limiting factors limiting development; analysis of critical periods of plant development by changes in water metabolism and temperature regime; comparative assessment of the biochemical characteristics of fruits in the northern point of the cultivation area, taking into account adaptation to stress factors (genotype-environment). It was revealed that the lack of water leads to an increase in the concentration of soluble substances. Dehydration leads to a violation of the integrity of the membranes and affects the composition of the pigment complex. The variability of ascorbic acid content by years was established: in large-fruited and medium-fruited plants from 31.9 to 66.5 mg %. In small-fruited plants under cultivation, the variability over the years is less pronounced. During the dry period (the total moisture reserve in the soil is up to two meters 130-141 mm), the content of ascorbic acid decreases. Small-fruited plants showing a high degree of adaptation have high rates of ascorbic acid content (up to 740.3 mg%). Limiting factors are temperature increases and a decrease in air humidity in summer with low rainfall and moisture reserves in the root layer of the soil. The productivity of plants under stress strongly depends on the maintenance of the water status of plants. Any assessment of the water status

should take into account the reaction of plants to environmental conditions and the characteristics of these conditions

Keywords

Adaptation, *Zizyphus jujuba*, drought resistance, water regime of leaves, ascorbic acid, bioflavonoids, sugar, vitamin P

References

1. Almansa, S.; Hernández, F.; Legua, P.; Nicolás-Almansa, M.; Amorós, A. Physico-chemical and physiological changes during fruit development and on-tree ripening of two Spanish jujube cultivars (*Zizyphus jujuba* Mill.). *J. Sci. Food Agri.* 2016, 96, 4098–4105.
2. Bai L, Zhang H, Liu Q, Zhao Y, Cui X, Guo S, et al. Chemical characterization of the main bioactive constituents from fruits of *Zizyphus jujuba*. *Food Funct.* 2016;7(6):2870-7. <https://doi.org/10.1039/c6fo00613b>
3. Chen J, Liu X, Li Z, Qi A, Yao P, Zhou Z, et al. A review of dietary *Zizyphus jujuba* fruit (jujube): Developing health food supplements for brain protection. *Evid-Based Compl Alt.* 2017;2017:3019568. <https://doi.org/10.1155/2017/3019568>
4. Huang J, Zhang C, Zhao X, Fei Z, Wan K, Zhang Z, et al. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees. *PLoS Genet.* 2016;12(12):e1006433. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006433>
5. Ji X, Peng Q, Yuan Y, Shen J, Xie X, Wang M. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Zizyphus jujuba* Mill.): A review. *Food Chem.* 2017;227:349-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.074>
6. Liu M, Zhao Z. Origin, distribution, germplasm, and growing of Chinese dates. In: Liu D, Ye X, Jiang Y, editors. *Chinese date: A traditional functional food*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2016. pp. 23-31. <https://doi.org/10.1201/b20025>
7. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.Y., Huzhahmetova, A.Sh., Semenyutina, V.A., Podkovyrova, G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening (2016) *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 110 (2), pp. 361-368. doi: 10.12732/ijpam.v110i2.10
8. Semenyutina, A.V., Podkovyrov, I.U., Semenyutina, V.A. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects' decorative advantages. *Life Science Journal*, 2014, 11(12S), стр. 699–702
9. Stănică, F Characterization of two Romanian local biotypes of *Zizyphus jujube*. / F. Stănică // *Acta Hort.* 840, 259-262 DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.840.34 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.840.34>
10. Wang, B.; Huang, Q.; Venkitasamy, C.; Chai, H.; Gao, H.; Cheng, N.; Cao, W.; Lv, X.; Pan, Z. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. *LWT* 2016, 66, 56–62.
11. Xie, P.P.; You, F.; Huang, L.; Zhang, C. Comprehensive assessment of phenolic compounds and antioxidant performance in the developmental process of jujube (*Zizyphus jujube* Mill.). *J. Funct. Foods* 2017, 36, 233–242.
12. Xu C, Gao J, Du Z, Li D, Wang Z, Li Y, Pang X. Identifying the genetic diversity, genetic structure and a core collection of *Zizyphus jujuba* Mill. var. *jujuba* accessions using microsatellite markers. *Sci Rep-UK.* 2016;6:Article no. 31503.

Научные принципы реконструкции озеленительных робиниевых насаждений

Сергей Евгеньевич Лазарев

Соискатель, старший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
Hortus@yandex.ru
 0000-0001-6473-6242

Александра Викторовна Семенютина

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая
лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Поступила в редакцию 12.04.2021

Принята 15.08.2021

Опубликована 15.10.2021

 10.25726/z3190-3908-3690-m

Аннотация

Родовой комплекс *Robinia* L. весьма перспективная группа растений для создания озеленительных древесных насаждений в аридных регионах нашей страны. Тем не менее, в сложных лесорастительных условиях в отсутствии правильного агротехнического ухода многие представители быстро вступают в синильный период развития, суховершинят, формируют обильную корневую, пневую поросль и самосев. Данные процессы значительно снижают художественно-декоративные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции зеленых насаждений, что в свою очередь приводит к необходимости проведения работ по их реконструкции. В связи с этим, целью работы стала разработка научных принципов реконструкции, восстановления и сохранения робиниевых насаждений на примере кластерных дендрологических коллекций ФНЦ агроэкологии РАН. Объектом исследований являлись робиниевые насаждения фондовых дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН, имеющих следующий породный состав: *R. viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* var. *neomexicana*; *R. neomexicana* ф. бледно-розовая; *R. neomexicana* ф. бледно-фиолетовая; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. и *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. Установлено, что несмотря на различное целевое назначение робиниевых насаждений в объектах озеленения общего, ограниченного и специального назначения можно выделить несколько общих принципов их реконструкции. Одним из основных является принцип соответствия общему проекту благоустройства и нормативно-правовой базе, регулирующей вопросы создания, охраны и содержания зеленых насаждений. Так для научных дендрологических и ботанических коллекций, расположенных на особо охраняемых природных территориях в качестве нормативной основы, могут выступать такие документы как: индивидуальное положение об ООПТ, паспорт ООПТ, охранное обязательство и др. В соответствии с биоэкологическим принципом представители рода *Robinia* являются весьма перспективной группой растений для южных аридных регионов Европейской части России. Однако несмотря на высокую степень перспективности многие из них обладают индивидуальными биоэкологическими особенностями, благодаря которым они

предъявляют различные требования к агроклиматическим условиям выращивания. Так, наиболее зимостойкими и засухоустойчивыми являются типичные представители, разновидности и формы *R. neomexicana*. Повышенной зимостойкостью отличаются также гибридные формы *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. Для размещения теплолюбивых представителей - *R. viscosa* var. *hartwegii* и декоративных форм *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* необходимо подбирать участки южной экспозиции с низкой ветровой нагрузкой. Аллелопатические свойства в родовом комплексе выражены слабо поэтому при реконструкции можно создавать смешанные насаждения с использованием сопутствующих видов древесных растений. Главным фитоценотическим свойством является способность обогащать почву азотом, что в естественных условиях зачастую приводит к трансформации травянистого покрова с преобладанием нитрофильных видов растений. Данное свойство делает робинию пригодной для создания объектов озеленения с использованием различных типов посадок таких как: газон и робиниевые древесные группы, массивы, солитеры. С другой стороны, для профилактики инвазивной активности (внедрения в естественные экосистемы) при проектировании и реконструкции робиниевых насаждений необходимо оставлять буферную зону между искусственными посадками и естественными лесными сообществами, находящимися в непосредственной близости от объекта озеленения или реконструкции. В настоящее время в практике садово-паркового строительства недостаточно внимания уделяется систематическому принципу проектирования и реконструкции робиниевых насаждений. В объектах озеленения обычно создают насаждения из *R. pseudoacacia*, тогда как остальные виды, разновидности и формы используются крайне редко. Несмотря на это, многие из них обладают достаточным спектром декоративных свойств для формирования чистых или смешанных насаждений, а также для создания эффектных робиниевых групп (однородных групп) по принципу родовых комплексов. Географический принцип чаще используется при создании и реконструкции научных дендрологических коллекций. Районы естественного распространения всех представителей рода *Robinia* расположены на территории Северной Америки, поэтому они могут быть использованы для создания географических участков североамериканских растений. Декоративно-художественный принцип реконструкции зеленых насаждений направлен на создание растительных композиций, подчёркивающих лучшие декоративные качества тех или иных растений. Для достижения максимального декоративного эффекта при построении композиций используют различные типы посадок, при этом наиболее декоративные виды используют при создании солитерных насаждений. Род *Robinia* включает несколько видов, разновидностей и форм растений перспективных для различных типов посадок и приемов озеленения. Для массивов перспективны типичные представители *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana*. Для аллей: *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. Для солитерных посадок *R. viscosa* var. *hartwegii*, а для групповых - все представители, включая цветковые формы *R. neomexicana* ф. бледно-розовая и *R. neomexicana* ф. бледно-фиолетовая.

Ключевые слова

Робиниевые насаждения; древесные насаждения; типы посадок; древесные группы, массивы, аллеи; принципы реконструкции; озеленение; благоустройство; дендрологические экспозиции; ландшафтные пространства; кластерные дендрологические коллекции; обогащение дендрофлоры; *Robinia pseudoacacia*; *Robinia viscosa*; *Robinia neomexicana*.

Исследования выполнены по теме Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН: "Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России (Пер. № 121041200195-4).

Введение

Реконструкция озеленительных древесных насаждений – неотъемлемый этап исторического развития городов и крупных населенных пунктов России и мира в целом. Необходимость реконструкции может возникать в процессе модернизации и эксплуатации существующих инженерных сетей, зданий и сооружений, дорожно-тропиночной сети, точечной застройки территории, а также после разрушительного воздействия стихийных бедствий и войн (Ivanova, 2019; Kargapol'tsev, 2019; Krasilnikova, 2020; Camarinhas, 2019). Значительное влияние на реконструкцию парков и скверов в историческом аспекте оказала мода на различные стили озеленения, а также постоянное совершенствование ассортимента декоративных растений. В сложных лесорастительных условиях Волгоградской области необходимость проведения регулярных работ по восстановлению и реконструкции озеленительных насаждений вызвана низкой продолжительностью жизни древесных растений и коротким периодом их декоративности.

Род *Robinia* L. весьма перспективная группа растений для создания озеленительных древесных насаждений в аридных регионах нашей страны (Lazarev, 2020). *R. pseudoacacia* является одной из самых распространенных пород для защитного лесоразведения в мире (Schwarzel, 2019). Тем не менее, в сложных лесорастительных условиях она, как и большинство других представителей этого рода, быстро вступает в синильный период развития, суховершинит, формирует обильную корневую, пневую поросль и самосев. Данные процессы приводят к значительному снижению художественно-декоративных, санитарно-гигиенических и рекреационных функций зеленых насаждений.

На территории кластерных дендрологических коллекций ФНЦ агроэкологии РАН большинство видов и форм рода *Robinia* сформировали устойчивые интродукционные популяции во втором-третьем поколении. Неконтролируемое разрастание и расселение робиниевых насаждений привело к образованию спонтанных групп, не отличающихся высокими декоративными свойствами.

В связи с этим, целью работы стала разработка научных принципов реконструкции, восстановления и сохранения робиниевых насаждений на примере кластерных дендрологических коллекций ФНЦ агроэкологии РАН.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись робиниевые насаждения фондовых дендрологических коллекций ФНЦ агроэкологии РАН, имеющие следующий породный состав: *R. viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* var. *neomexicana*; *R. neomexicana* ф. бледно-розовая; *R. neomexicana* ф. бледно-фиолетовая;; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. и *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*.



Рисунок 1. Робиниевые насаждения на территории питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград, Советский район).

Насаждения расположены в Советском районе г. Волгограда на территории питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН (рисунок 1) и Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ (рисунок 2), имеющего статус особо охраняемой природной территории федерального значения (ООПТ).

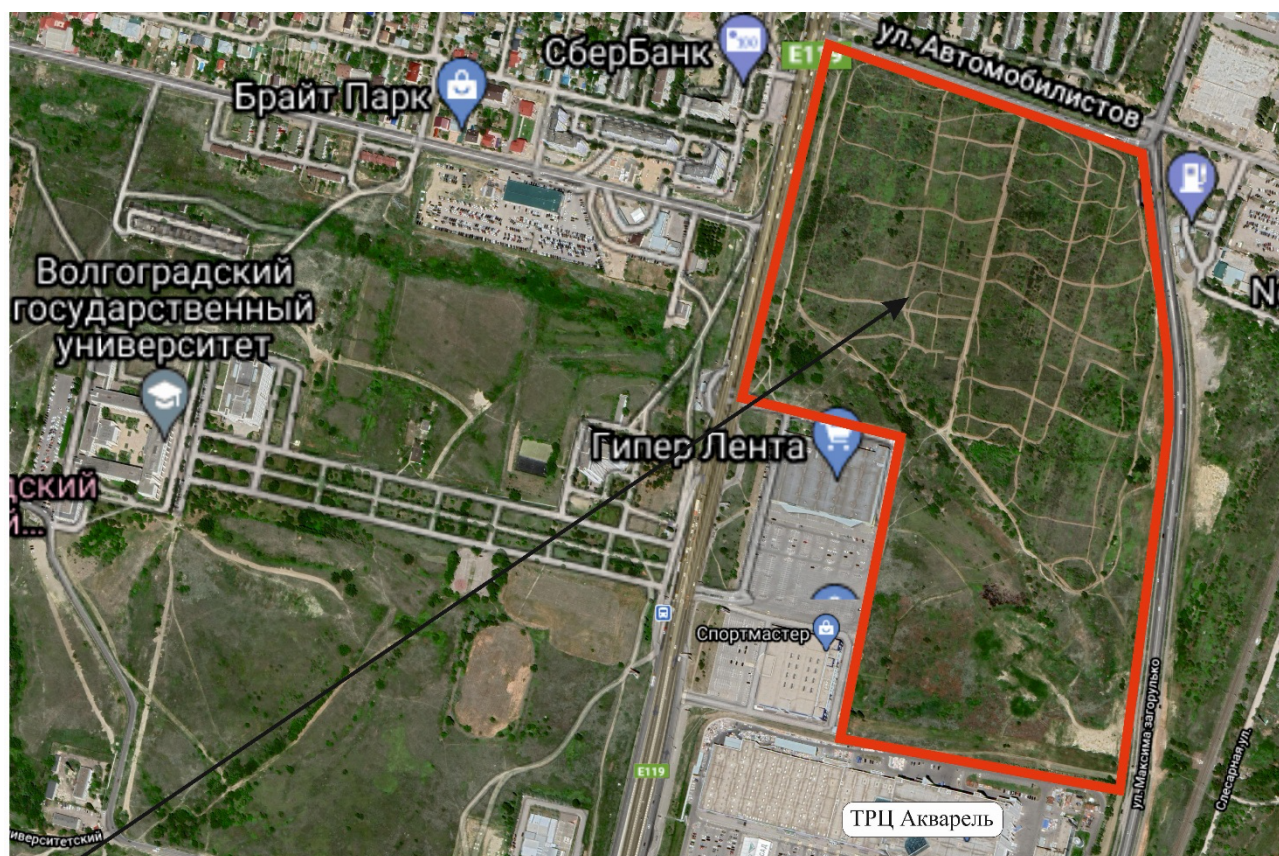


Рисунок 2. Древесные насаждения территории кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ (г. Волгоград, Советский район).

Разработка проектных предложений и определение основных принципов научной реконструкции робиниевых насаждений проводилась с учетом нормативных основ функционирования ООПТ:

- положение о Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» как особо охраняемой природной территории федерального значения (Приказ Федерального агентства научных организаций);
- положение о Кластерном дендрологическом парке ВНИАЛМИ (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации);
- предпроектные предложения развития территории и проект планировки и межевания Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ.

Для разработки проекта реконструкции робиниевых насаждений с помощью профессионального квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro был составлен ортофотоплан территории Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ разрешением 2 см/пиксель. Топографическое дешифрирование аэрофотоматериалов проводилось полевым и камеральным методом с использованием программы QField Dev, являющейся альтернативной мобильной версией геоинформационной системы QGIS.

Проектные решения реконструкции, сохранения и восстановления робиниевых насаждений выполнены в графическом редакторе векторной графики CorelDRAW.

Результаты и обсуждение

Одной из самых сложных задач реконструкции зеленых насаждений является согласование существующих сохранившихся растений с общей концепцией разрабатываемого проекта благоустройства. Именно поэтому многие ландшафтные архитекторы стараются полностью удалить старые существующие насаждения и начать проектирование «с чистого листа». В сложных лесорастительных условиях аридных регионов данная стратегия недопустима, т.к. многие сохранившиеся растения и интродукционные популяции представляют ценный генофонд для мобилизации генетических ресурсов и формирования долговечных устойчивых древесных насаждений.

В связи с этим в качестве основного принципа реконструкции озеленительных робиниевых насаждений в сложных лесорастительных условиях аридных регионов, является согласованность с общей концепцией реконструкции объектов благоустройства.

В 2020-м году в ФНЦ агроэкологии РАН совместно с подрядными организациями составлен и утвержден проект планировки и межевания территории Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ, разработаны предпроектные предложения по его развитию и реконструкции.

В соответствии с функциональным зонированием (рисунок 3) основные сохранившиеся древесные насаждения с участием различных представителей рода *Robinia* расположены в северо-восточной научно-экспериментальной части дендрологического парка (рисунок 4).



Рисунок 3. Предпроектные предложения развития и реконструкции территории Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ.

По положению о Кластерном дендрологическом парке ВНИАЛМИ как особо охраняемой природной территории федерального значения в научно-экспериментальной зоне должны располагаться основные научные коллекции, маточники, семенные участки и питомник древесных растений. Основными видами разрешенного использования является: деятельность по особой охране

и изучению природы; охрана природных территорий; обеспечение научной деятельности; проведение научных исследований; проведение научных испытаний; научное обеспечение сельского хозяйства.

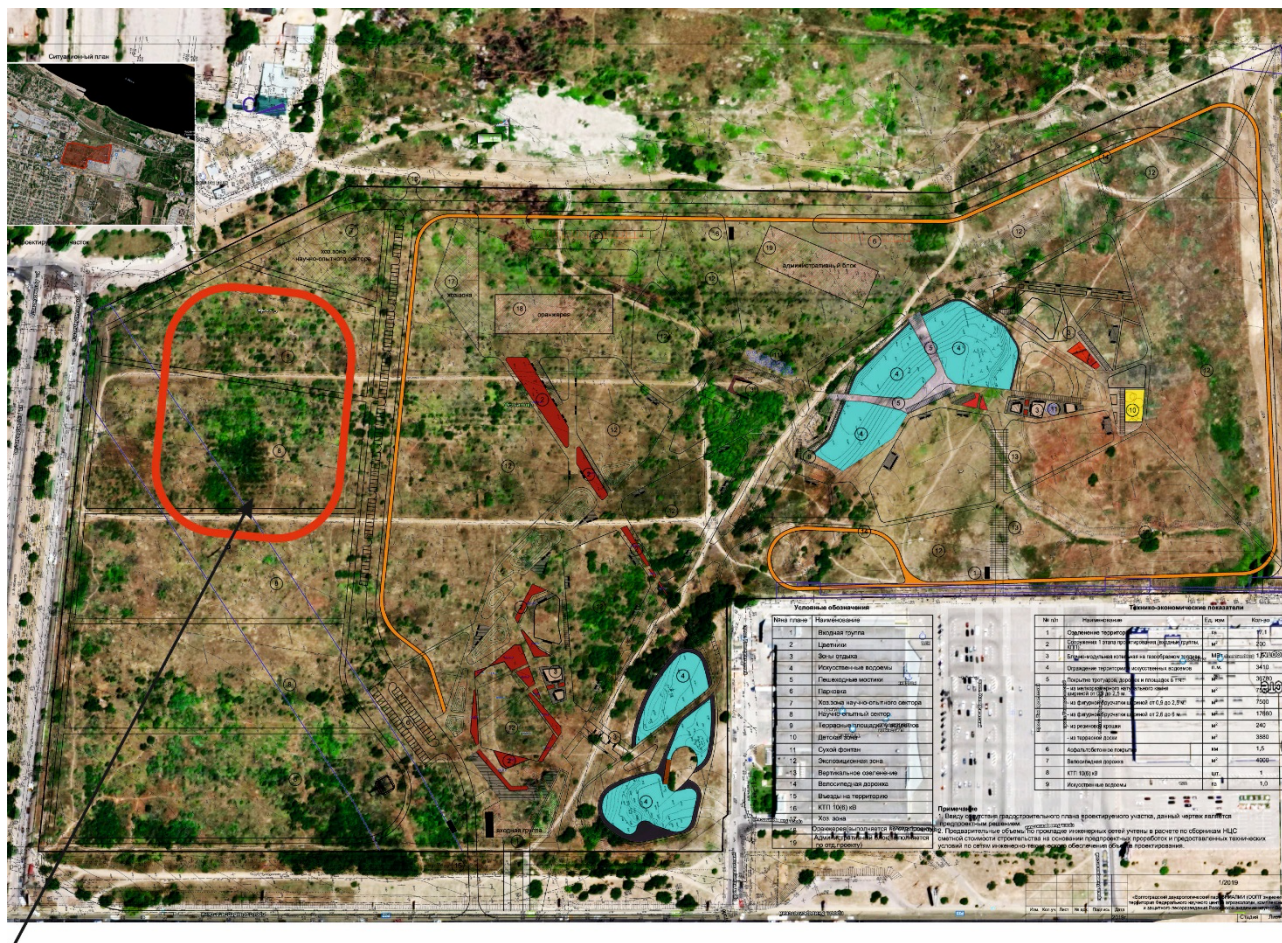


Рисунок 4. Расположение основных древесных насаждений с участием представителей рода *Robinia* на территории Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ с учетом функционального зонирования.

Обладая высокой гетерогенностью робиниевые насаждения этой зоны дендрологического парка представляют несомненный научный и практический интерес для мобилизации генофонда древесных растений аридных регионов юга Европейской части России. Таким образом необходимость сохранения, восстановления и реконструкции робиниевых насаждений согласуется с предпроектными предложениями развития территории, проектом планировки и межевания и основными нормативными документами по обеспечению деятельности дендрологического парка: положение о Федеральном государственном бюджетном научном учреждении и положение о Кластерном дендрологическом парке ВНИАЛМИ как особо охраняемой природной территории федерального значения.

Дендрологический парк имеет общую площадь 27,4 га. Наземная подеревная топографическая съемка территории такого размера весьма трудоемкий процесс, поэтому для разработки проекта реконструкции робиниевых насаждений было принято решение составить ортофотоплан дендрария с использованием геодезического квадрокоптера (рисунок 5).



Рисунок 5. Ортофотоплан территории Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ (дата съемки: 27.05.2021; разрешение: 2 см/пиксель; квадрокоптер: DJI Mavic 2 Pro).

Большинство видов, разновидностей и форм рода *Robinia*, культивируемых в условиях Волгоградской области, хорошо отличаются по окраске цветков, а период их массового цветения приходится на третью декаду мая. В связи с этим материалы аэрофотофиксации выполненной 27 мая 2021 года с разрешением, достаточным для распознавания окраски цветков (2 см/пиксель) позволили определить цветковые таксационно-дешифровочные показатели различных представителей рода *Robinia* (рисунок 6).

В камеральных условиях, при дешифрировании ортофотоплана с использованием цветковых характеристик была установлена подродовая таксономическая принадлежность, остальные таксационные показатели робиниевых насаждений дендрологического парка и питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН были определены методами полевого дешифрирования с помощью приложения QField, являющейся альтернативной мобильной версией QGIS (Ostadabbas, 2020).

Установлено, что на территории парка робиния произрастает в смешении с другими древесными породами (карась западный, вяз приземистый, жимолость татарская, клен ясенелистный и др.). Многие растения в последние годы пострадали от ландшафтных пожаров, имеют удовлетворительное и неудовлетворительное состояние в следствии чего требуют проведения санитарной и формирующей обрезки. Ирруптивная жизненная форма (Lazarev, 2020) под воздействием регулярных повреждающих факторов (пожары и неконтролируемая рекреация) определила общий габитус большинства растений имеющих форму кустарников или многоствольных деревьев.

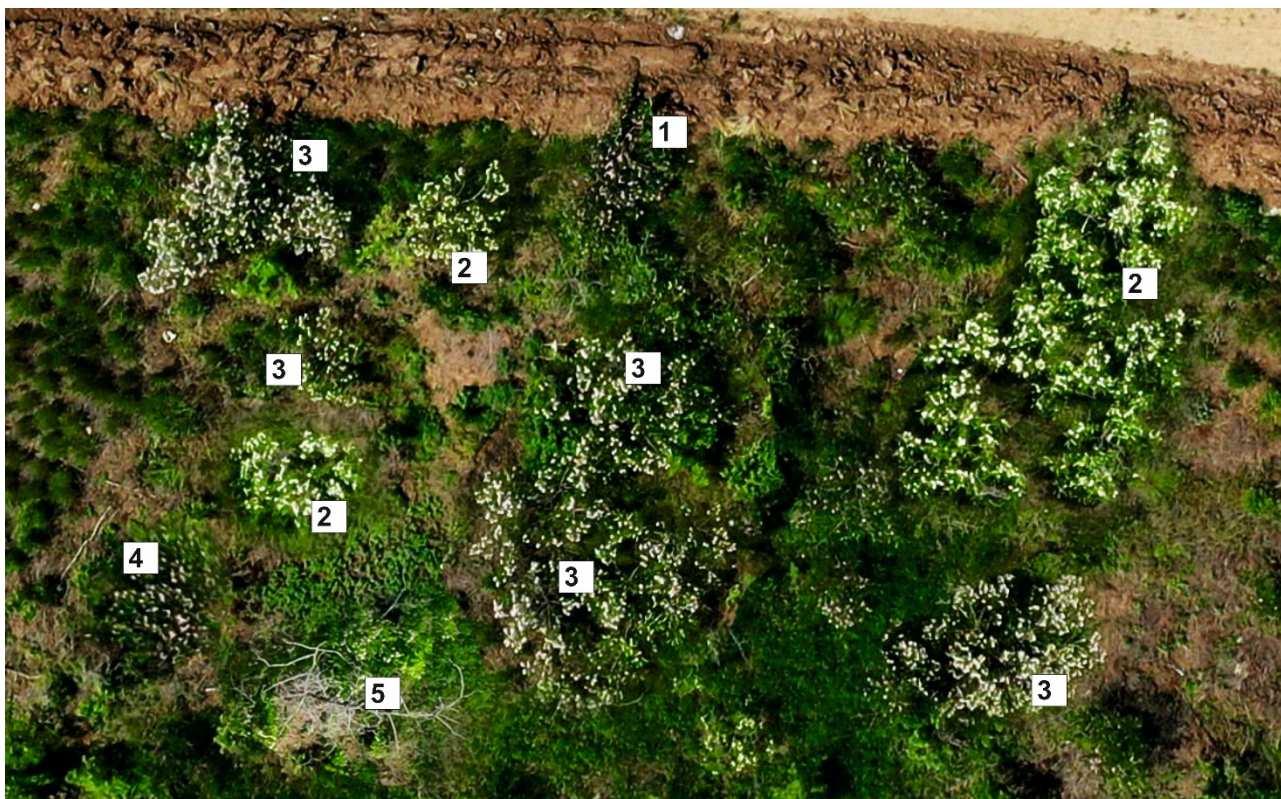


Рисунок 6. Цветовые таксационно-дешифровочные показатели различных представителей рода *Robinia*: 1 - *R. neomexicana*; 2 - *R. neomexicana* ф. бледно-розовая; 3- *R. pseudoacacia*; 4 - *R. viscosa* var. *hartwegii*; 5 – сухостойные растения.

Полевое дешифрирование ортофотоплана позволило подтвердить, что основные робиниевые насаждения сосредоточены в северо-восточной части дендрария. Большинство растений представлены вегетативной пневой и корневой порослью или самосевом во втором-третьем поколении. Коренных растений, высаженных во время формирования дендрария в 70-х, 80-х годах XX века зафиксировано не было.

Робиниевые насаждения характеризуются сильной изреженностью и разрозненностью в связи с чем одной из главных задач их реконструкции является уплотнение и формирование законченных ландшафтных композиций. Наиболее ценные гетерогенные группы растений, находящиеся в северо-восточной части дендрария, также требуют масштабной реконструкции и реновации (рисунок 7).

Систематический принцип является одним из основных при размещении растений в научных коллекциях ботанических садов и дендрариев. В соответствии с ним коллекционные участки формируются из растений близкородственных систематических групп (семейств, родов, видов). Сформированные по такому принципу коллекции часто имеют специальные названия: розарий (сад роз), сирингарий (сад сиреней), салицетум (коллекция ив) популетум (коллекция тополей) и др. Кроме этого, одним из прогрессивных методов изучения растений в условиях интродукции является метод родовых комплексов. Использование данного подхода в программе и методике научных исследований ФНЦ агроэкологии РАН позволило определить основной тип посадок представителей рода *Robinia* при проведении работ по реконструкции древесных насаждений территории дендрологического парка. Очевидно, что наиболее подходящим типом оказалось формирование садово-парковых робиниевых групп методом родовых комплексов.

Удаляемые растения



Основой для проектирования новых ландшафтных композиций стали существующие разреженные насаждения, группы и спонтанные единичные экземпляры различных представителей родового комплекса *Robinia*. Относительно небольшие размеры позволили запланировать работы по пересадке растений в целях уплотнения, перепланировки и повышения декоративных свойств насаждений.

111

необходимо осуществлять с учетом основных принципов (высота растений, продолжительность декоративного периода, окраска цветков).

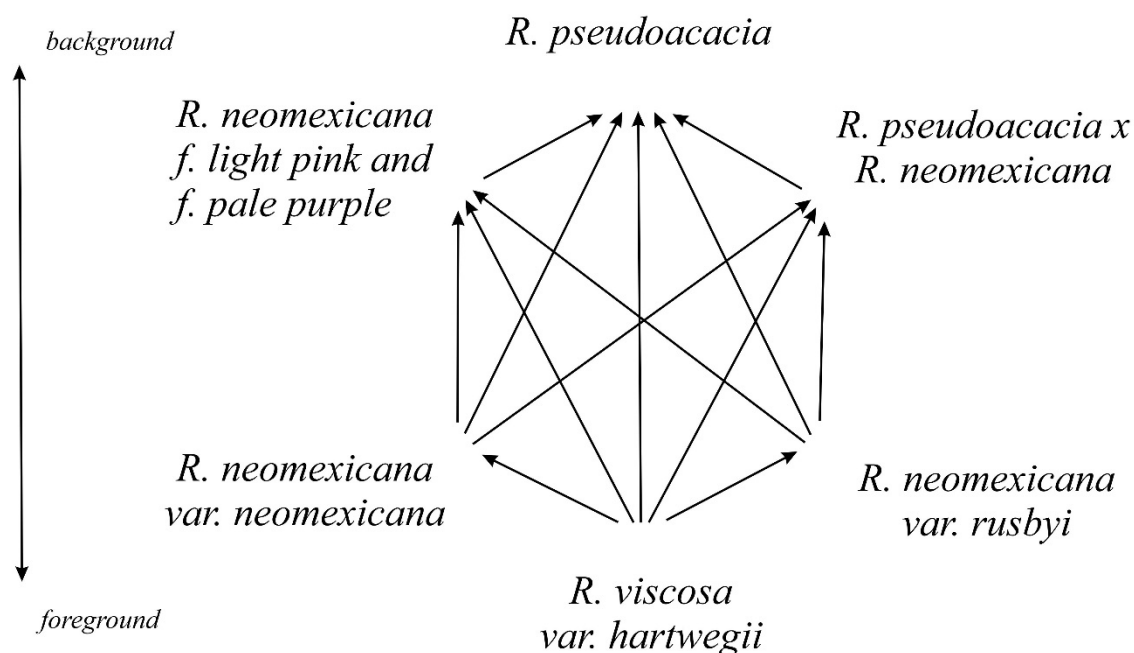


Рисунок 8. Схема декоративной совместимости и размещения представителей рода *Robinia* с учетом окраски цветков, продолжительности декоративного периода цветения и высоты растений (Lazarev, 2020).

Для разработки ассортимента таких групп была разработана схема декоративной совместимости и размещения представителей рода *Robinia* с учетом окраски цветков, продолжительности декоративного периода цветения и высоты растений (рисунок 8).

Данная схема позволяет подобрать растения с учетом основного ракурса ландшафтной композиции. Направление линий на схеме определяет месторасположение растений заднего и переднего плана. Схема наглядно иллюстрирует декоративную совместимость представителей рода *Robinia*. Отсутствие линий на схеме говорит об отсутствии декоративной совместимости между растениями. Кроме этого, относительно низкую степень декоративной совместимости имеют растения, расположенные рядом друг с другом на данной схеме. Самый высокий декоративный эффект наблюдается при совместном использовании растений, расположенных на схеме через позицию, или напротив друг друга.

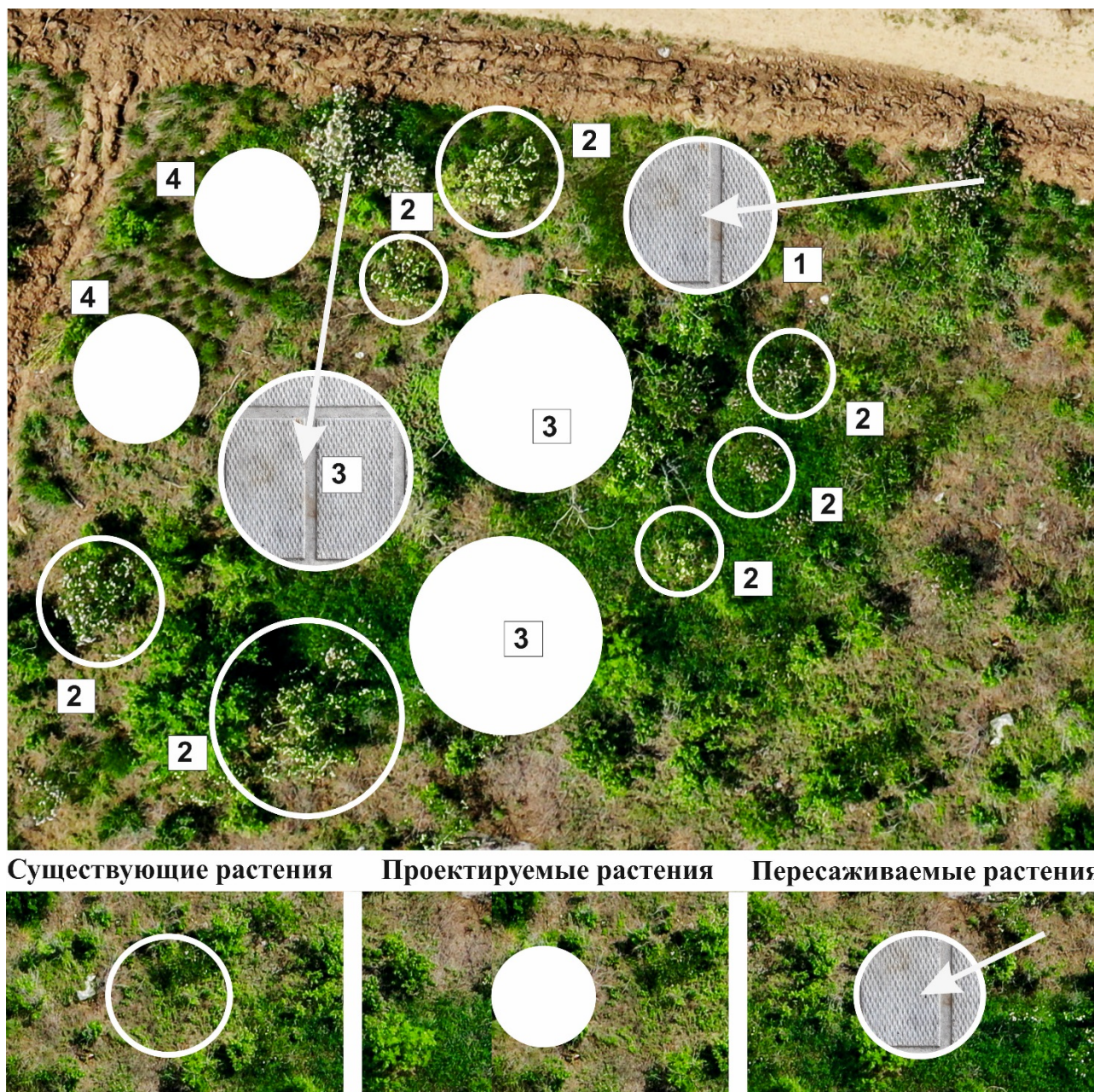


Рисунок 9. Проектируемая робиниевая группа: 1 - *R. neomexicana*; 2 - *R. neomexicana* ф. бледно-розовая; 3 - *R. pseudoacacia*; 4 - *R. viscosa* var. *hartwegii*

В соответствии с разработанной схемой были предложены варианты реконструкции робиниевых насаждений территории дендрологического парка, основу которых составили существующие растения. Так для одной из ландшафтных композиций, расположенных в центральной части аллеи (рисунок 9) соотношение существующих, пересаживаемых и проектируемых растений составляет 7:2:4. В качестве существующих растений выступают 7 экземпляров *R. neomexicana* ф. бледно-розовая. Один экземпляр *R. pseudoacacia* предлагается пересадить с переднего на задний план группы, а *R. neomexicana* - ближе к центру для формирования уравновешенной композиции. Кроме этого, для уплотнения проектируемой композиции необходимо досадить еще два экземпляра *R. pseudoacacia* и закончить формирование переднего плана посадкой двух саженцев *R. viscosa* var. *hartwegii*. Необходимо отметить, что саженцы всех досаживаемых растений могут быть заготовлены на территории дендрологического парка или питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН.

Таким образом последовательность работ по реконструкции робиниевых насаждений можно разделить на два основных этапа: инвентаризация насаждений и непосредственная разработка проектных предложений. На этапе инвентаризации необходимо провести подеревную наземную топографическую съемку или аэрофотосъемку с разработкой ортофотоплана, определить таксономическую принадлежность, жизненную форму, возраст, выявить особенности роста развития и состояние растений. Кроме этого, необходимо провести оценку соответствия биозкологических особенностей растений агроклиматическим условиям выращивания, а также выявить наиболее ценные виды, разновидности, формы и культивары (рисунок 10).

Дальнейшие проектные работы необходимо проводить с учетом биозкологического, декоративно-художественного, систематического, географического, а также принципа соответствия проекту благоустройства и нормативно-правовой базе, регулирующей вопросы создания, охраны и содержания зеленых насаждений.



Рисунок 10. Основные этапы и принципы проектирования работ по реконструкции робиниевых насаждений.

Географический принцип чаще используется в научных учреждениях (Gagnidze, 2020), коллекции которых формируются из растений, имеющих общее географическое происхождение. Ареалы естественного распространения всех представителей рода *Robinia* находятся на территории Северной Америки, поэтому они могут использоваться для создания экспозиций растений североамериканского происхождения.

Систематический - характерен как для научных объектов специального назначения (дендрарии, ботанические сады) так и для других объектов общего, ограниченного пользования и специального назначения. Главным отличием научных объектов является формирование коллекций по методу родовых комплексов, тогда как в других объектах озеленения чаще создаются чистые (одновидовые) или смешанные насаждения.

Декоративно-художественный принцип реконструкции зеленых насаждений направлен на создание растительных композиций, подчёркивающих лучшие декоративные качества тех или иных растений. Наиболее декоративные и оригинальные растения обычно используются в солитерных типах посадок, растения с высоким генеративным и биотическим потенциалом перспективны для создания массивов и роц, а для формирования древесных групп обычно подбираются растения с различной окраской цветков, листьев, периодом декоративности и высоты. Род *Robinia* представляет несомненный интерес для создания всех перечисленных типов посадок. Для массивов перспективны типичные представители *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana* с высокими репродуктивным потенциалом и хорошей жизнеспособностью. Для создания аллей больше подходят *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* с геометрическими формами кроны. *R. viscosa* var. *hartwegii*, как самый высокодекоративный вид представляет несомненный интерес для создания посадок солитерных насаждений, а цветковые формы *R. neomexicana* перспективны для групповых посадок.

Представители рода *Robinia* обладают достаточным спектром декоративных свойств для формирования эффектных робиниевых групп, что позволяет создавать коллекции по принципу родовых комплексов сочетая декоративно-художественный и систематический принцип.

С биоэкологической точки зрения представители рода *Robinia* являются весьма перспективной группой растений для южных аридных регионов Европейской части России. Однако, несмотря на высокую перспективность многие из них обладают индивидуальными биоэкологическими особенностями, благодаря которым они предъявляют различные требования к агроклиматическим условиям выращивания. Так, наиболее зимостойкими и засухоустойчивыми являются типичные представители, разновидности и формы *R. neomexicana*. Повышенной зимостойкостью отличаются также гибридные формы *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. Для размещения теплолюбивых представителей - *R. viscosa* var. *hartwegii* и декоративных форм *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* необходимо подбирать участки южной экспозиции и низкой ветровой нагрузкой.

Возможность совместного произрастания с другими представителями растительного мира определяют фитоценотические и аллелопатические свойства растений. Представители родового комплекса *Robinia* не являются ярко выраженными аллелопатами и могут использоваться для создания смешанных насаждений с участием различных видов древесных растений. По некоторым данным в смешанных насаждениях робиния иногда может оказывать прямую конкуренцию другим древесным видам. Однако большинство исследований говорит о том, что она чаще угнетается сопутствующими видами а иногда может даже оказывать положительный эффект на их рост и развитие (Oliveiraa, 2018; Chen, 2018). Все виды рода *Robinia* вступают в симбиоз с азотфиксирующими бактериями, что приводит к значительному повышению содержания азота в почве (Sílvia Poblador, 2019). Данный процесс объясняет хорошую совместимость робиниевых насаждений с газонным покрытием. Большинство газонных трав относятся к светолюбивым и нитрофильным видам. Повышенное содержание азота в почве и легкие ажурные кроны делают робинию одним из самых подходящих древесных растений для создания объектов озеленения с совместными типами посадок: газон и древесные робиниевые группы, массивы, роцы и др.

С другой стороны, активная натурализация (образование спонтанных популяций в естественных условиях) и способность к трансформации растительного покрова послужили основанием для включения некоторых представителей рода в списки инвазивных видов разных регионов России и мира в целом. В условиях Волгоградской области *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana* способны внедряться в интразональные байрачные и пойменные лесные сообщества. Т.к. робиния не имеет приспособлений для активного распространения семян расселение обычно происходит на

небольшом расстоянии от материнского массива (Lazarev, 2020). В связи с этим, для профилактики инвазивной активности при проектировании и реконструкции робиниевых насаждений необходимо оставлять буферную зону между искусственными посадками и естественными лесными сообществами, находящимися в непосредственной близости от объекта озеленения или реконструкции.

Заключение

Несмотря на различное целевое назначение робиниевых насаждений в объектах озеленения общего, ограниченного и специального назначения можно выделить несколько общих принципов их реконструкции. Одним из основных принципов является соответствие общему проекту благоустройства и нормативно-правовой базе, регулирующей вопросы создания, охраны и содержания зеленых насаждений. Так для научных дендрологических и ботанических коллекций, расположенных на особо охраняемой природной территории в качестве нормативной основы, могут выступать такие документы как: индивидуальное положение об ООПТ, паспорт ООПТ, охранное обязательство и др.

С биоэкологической точки зрения представители рода *Robinia* являются весьма перспективной группой растений для южных аридных регионов Европейской части России. Высокая засухоустойчивость и жизнеспособность делают робинию незаменимой породой для создания зеленых насаждений в аридных регионах России. Необходимость реконструкции робиниевых насаждений как правило вызвана недостаточным агротехническим уходом и как следствие быстрым вступлением в синильную фазу развития, склонностью к образованию пневой, корневой поросли, семенному возобновлению.

Аллелопатические свойства представителей рода выражены слабо поэтому при реконструкции робиниевых насаждений можно создавать смешанные насаждения с включением других сопутствующих видов древесных растений. Главным фитоценотическим свойством является способность обогащать почву азотом, что в естественных условиях зачастую приводит к трансформации травянистого покрова с преобладанием нитрофильных видов растений. Данное свойство весьма перспективно для создания объектов озеленения с использованием различных типов посадок таких как: газон и робиниевые древесные группы, массивы, солитеры. С другой стороны, по мнению многих авторов, трансформация естественного растительного покрова и способность к натурализации позволяет отнести робинию к инвазивным видам растений во многих регионах мира (Puchałka, 2021; Csiszár, 2020; Vítková, 2020; Dyderski, 2020), России и Волгоградской области в частности. В связи с этим, для профилактики инвазивной активности при проектировании и реконструкции робиниевых насаждений необходимо оставлять буферную зону между искусственными посадками и естественными лесными сообществами, находящимися в непосредственной близости от объекта озеленения или реконструкции.

Систематический принцип реконструкции робиниевых насаждений используется при реконструкции объектов озеленения различного типа. Так в объектах общего и ограниченного использования чаще создаются чистые насаждения из *R. pseudoacacia* и насаждения смешанного типа где робиния выступает в роли основной или сопутствующей породы. Отличительной чертой научных дендрологических коллекций, относящихся к объектам озеленения специального назначения является формирование коллекционных участков по принципу родовых комплексов, в которых фондовые насаждения создаются из растений, принадлежащих одному ботаническому роду *Robinia*.

Географический принцип, также характерен для формирования и реконструкции научных дендрологических коллекций. Родовой комплекс *Robinia* весьма перспективен для создания и реконструкции объектов озеленения по данному принципу. Районы естественного распространения всех видов рода *Robinia* расположены на территории Северной Америки, поэтому для создания географических участков североамериканских растений можно использовать любых представителей рода *Robinia*.

Одним из самых важных принципов реконструкции древесных насаждения является декоративно-художественный принцип. Род *Robinia* включает несколько видов, разновидностей и форм растений перспективных для различных приемов озеленения. Для массивов перспективны типичные

представители *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana*. Для аллей: *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* и *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. Для солитерных посадок *R. viscosa* var. *hartwegii*, а для групповых - все представители, включая цветковые формы *R. neomexicana* ф. бледно-розовая и *R. neomexicana* ф. бледно-фиолетовая.

Список литературы

1. Camarinhas, C.T.F. The construction of modern scientific urban planning: Lisbon under French urbanisme influence (1904-1967) // Planning Theory and Practice. – 2011. – Vol.12(1). – P. 11-31
2. Chen X.D., Tang M., Zhang X.L., Hamel C., Li W., Sheng M. Why does oriental arborvitae grow better when mixed with black locust: Insight on nutrient cycling? // Ecology and evolution, Jan. 2018, volume 8, issue 1, p. 744-754
3. Csiszár, Á., Kézdy, P., Korda, M., Bartha, D. Occurrence and management of invasive alien species in Hungarian protected areas compared to Europe // Folia Oecologica. – 2020. – Vol.47(2). – P.178-191
4. Dyderski, M.K., Jagodziński, A.M. Impact of invasive tree species on natural regeneration species composition, diversity, and density // Forests. – 2020. – Vol.11(4). – P.456
5. Gagnidze, R., Khelaia, N., Margalitadze, N., Batsatsashvili, K., Churadze, M. Botanical geographical aspects of plants cultivated in Medea's garden of medical plants in Colchis. // Georgian medical news. – 2009. – Vol.169. – P.94-97
6. Ivanova, K., Kozlov, V., Belomestnyh, S. Preservation and development of historical heritage of gardens and parks in large European cities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol 667(1), – 012034
7. Kargapol'tsev Sergey, Yu., Lapin Irina, Yu. The church building of the Grand Peterhof Palace and adjacent objects: History, chronology and survey works // Voprosy Istorii. – 2019(10). – P. 52-76
8. Krasilnikova, E., Klimov, D. Design principles of hybrid spaces in terms of urban planning regeneration // WIT Transactions on the Built Environment. – 2020, – Vol. 193. – P. 89-100
9. Lazarev S.E. Adaptation mechanisms and life strategies of species of the genus Robinia L. in the conditions of introduction // Nauka. Thought. – 2020. – Vol.10. – №1. – P.48-67.
10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V. Prospects of species and forms of the genus Robinia L. for forest protection and landscaping plantings // Successes of modern natural science. – 2020. – №8. – P.11-17.
11. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol.9. – №4. – P.6232-6237.
12. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Khatko A. A. Analysis of the current state and prospects of ecological rehabilitation of tree plantations of river valleys // Nauka. Thought. – 2020. – Vol.10. – №1. – P. 22-47
13. Oliveiraa N., Del Ríoa M., Forresterb D.I., Rodríguez-Soalleirod R., Pérez-Cruzadod C., Cañellasa I., Sixto H. Mixed short rotation plantations of Populus alba and Robinia pseudoacacia for biomass yield // Forest Ecology and Management, №410, 2018, p. 48–55
14. Ostadabbas, H., Weippert, H., Behr, F.-J. Using the synergy of QFIELD for collecting data on-site and QGIS for interactive map creation by ALKIS® data extraction and implementation in PostgreSQL for urban planning processes // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – 2020, - ISPRS Archives 43(B4). – P. 679-683
15. Puchalka, R., Dyderski, M.K., Vítková, M., (...), Koprowski, M., Jagodziński, A.M. Black locust (Robinia pseudoacacia L.) range contraction and expansion in Europe under changing climate // Global Change Biology. – 2021. – 27(8). – P.1587-1600
16. Schwarzel, K., Zhang LL, Montanarella, L., Wang Y.H., Sun G. How afforestation affects the water cycle in drylands: A process-based comparative analysis // GLOBAL CHANGE BIOLOGY. – 2019. – Vol. 26(2) – P. 944-959
17. Silvia Poblador, Anna Lupon, Eugènia Martí, Francesc Sabater, Santiago Sabaté, Susana Bernal The influence of the invasive alien nitrogen-fixing Robinia pseudoacacia L. on soil nitrogen availability

in a mixed Mediterranean riparian forest // European Journal of Forest Research, December 2019, Volume 138, issue 6, PP 1083-1093

18. Vítková, M., Sádlo, J., Roleček, J., (...), Müllerová, J., Pyšek, P. Robinia pseudoacacia-dominated vegetation types of Southern Europe: Species composition, history, distribution and management // Science of the Total Environment. – 2020. - №707, 134857

Scientific principles of reconstruction of gardening *ROBINIA* plantings

Sergey E. Lazarev

Applicant, Senior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Scientific Centre of Agroecology, complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

hortus@yandex.ru

 0000-0001-6473-6242

Alexandra V. Semenyutina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants

Federal Scientific Centre of Agroecology, complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

 0000-0003-3250-6877

Received 12.04.2021

Accepted 15.08.2021

Published 15.10.2021

 10.25726/z3190-3908-3690-m

Abstract

The generic complex *Robinia* L. a very promising group of plants for creating landscaping tree plantations in the arid regions of our country. Nevertheless, in difficult forest growing conditions, in the absence of proper agrotechnical care, many representatives quickly enter the prussic period of development, dry-top, form abundant root, green shoots and self-seeding. These processes significantly reduce the artistic and decorative, sanitary and hygienic and recreational functions of green spaces, which in turn leads to the need for work on their reconstruction. In this regard, the aim of the work was to develop scientific principles for the reconstruction, restoration and preservation of robinia plantations on the example of cluster dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The object of research was robinia plantings in the stock dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences with the following breed composition: *R. viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* var. *neomexicana*; *R. neomexicana* f. *pale pink*; *R. neomexicana* f. *pale purple*; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd. and *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. It is established that despite the different purpose of robinia plantings in general, limited and special purpose landscaping objects, several general principles of their reconstruction can be distinguished. One of the main principles is the principle of compliance with the general improvement project and the regulatory framework governing the creation, protection and maintenance of green spaces. Thus, for scientific dendrological and botanical collections located in specially protected natural territories, such documents as: individual regulations on

protected areas, passport of protected areas, protection obligation, etc. can act as a regulatory basis. According to the bioecological principle, representatives of the genus *Robinia* are a very promising group of plants for the southern arid regions of the European part of Russia. However, despite the high degree of prospects, many of them have individual bioecological features, due to which they make different requirements for agro-climatic growing conditions. Thus, the most winter-hardy and drought-resistant are typical representatives, varieties and forms of *R. neomexicana*. Hybrid forms of *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana* also differ in increased winter hardiness. To accommodate heat-loving representatives-*R. viscosa* var. *hartwegii*. It is necessary to select areas of the southern exposure with a low wind load for the *hartwegii* and decorative forms of *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* and *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. Allelopathic properties in the generic complex are poorly expressed, therefore, during reconstruction, it is possible to create mixed plantings using accompanying species of woody plants. The main phytocenotic property is the ability to enrich the soil with nitrogen, which in natural conditions often leads to the transformation of the herbaceous cover with a predominance of nitrophilic plant species. This property makes robinia suitable for creating landscaping objects using various types of plantings such as: lawn and robinia tree groups, arrays, tapeworms. On the other hand, in order to prevent invasive activity (introduction into natural ecosystems), when designing and reconstructing robinia plantations, it is necessary to leave a buffer zone between artificial plantings and natural forest communities located in the immediate vicinity of the landscaping or reconstruction object. The systematic principle is used in the reconstruction of robinia plantings in various types of landscaping objects. Thus, in objects of general and limited use, pure plantings from *R. pseudoacacia* and mixed-type plantings are more often created, where robinia acts as the main or accompanying breed. A distinctive feature of scientific dendrological collections related to special-purpose landscaping objects is the formation of collection sites on the principle of generic complexes, in which stock plantings are created from plants belonging to the same botanical genus *Robinia*. The geographical principle is also more often used in the creation and reconstruction of scientific dendrological collections, while the *Robinia* generic complex is very promising for the formation of collection sites according to this principle. The areas of natural distribution of all representatives of this genus are located on the territory of North America, so they can be used to create geographical areas of North American plants. The decorative and artistic principle of the reconstruction of green spaces is aimed at creating plant compositions that emphasize the best decorative qualities of certain plants. To achieve the maximum decorative effect, various types of plantings are used when constructing compositions, while the most decorative types are used when creating solitary plantings. The genus *Robinia* includes several species, varieties and forms of plants that are promising for various types of planting and gardening techniques. Typical representatives of *R. pseudoacacia* and *R. neomexicana* are promising for arrays. For alleys: *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* and *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. For solitary plantings of *R. viscosa* var. *hartwegii*, and for group-all representatives, including the color forms of *R. neomexicana* f. *pale pink* and *R. neomexicana* f. *pale purple*.

Keywords

Robinia plantings; tree plantings; types of plantings; tree groups, arrays, alleys; principles of reconstruction; landscaping; dendrological expositions; landscape spaces; cluster dendrological collections; enrichment of dendroflora; *Robinia pseudoacacia*; *Robinia viscosa*; *Robinia neomexicana*.

The research was carried out on the topic of the State Task of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: "Formation of multifunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and landscaped landscape spaces of recreational type in low-forest regions of Russia (GZ No. 0508-2020-0004).

References

1. Camarinhas, C.T.F. The construction of modern scientific urban planning: Lisbon under French urbanisme influence (1904-1967) // *Planning Theory and Practice*. – 2011. – Vol.12(1). – P. 11-31

2. Chen X.D., Tang M., Zhang X.L., Hamel C., Li W., Sheng M. Why does oriental arborvitae grow better when mixed with black locust: Insight on nutrient cycling? // *Ecology and evolution*, Jan. 2018, volume 8, issue 1, p. 744-754
3. Csiszár, Á., Kézdy, P., Korda, M., Bartha, D. Occurrence and management of invasive alien species in Hungarian protected areas compared to Europe // *Folia Oecologica*. – 2020. – Vol.47(2). - P.178-191
4. Dyderski, M.K., Jagodziński, A.M. Impact of invasive tree species on natural regeneration species composition, diversity, and density // *Forests*. – 2020. – Vol.11(4). - P.456
5. Gagnidze, R., Khelaia, N., Margalitadze, N., Batsatsashvili, K., Churadze, M. Botanical geographical aspects of plants cultivated in Medea's garden of medical plants in Colchis. // *Georgian medical news*. – 2009. - Vol169. - P.94-97
6. Ivanova, K., Kozlov, V., Belomestnyh, S. Preservation and development of historical heritage of gardens and parks in large European cities // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2019. – Vol 667(1), - 012034
7. Kargapol'tsev Sergey, Yu., Lapin Irina, Yu. The church building of the Grand Peterhof Palace and adjacent objects: History, chronology and survey works // *Voprosy Istorii*. - 2019(10). - P. 52-76
8. Krasilnikova, E., Klimov, D. Design principles of hybrid spaces in terms of urban planning regeneration // *WIT Transactions on the Built Environment*. – 2020, - Vol. 193. - P. 89-100
9. Lazarev S.E. Adaptation mechanisms and life strategies of species of the genus *Robinia* L. in the conditions of introduction // *Nauka. Thought*. - 2020. - Vol.10. - №1. - P.48-67.
10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V. Prospects of species and forms of the genus *Robinia* L. for forest protection and landscaping plantings // *Successes of modern natural science*. - 2020. - №8. - P.11-17.
11. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. - 2020. - Vol.9. - №4. - P.6232-6237.
12. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Khatko A. A. Analysis of the current state and prospects of ecological rehabilitation of tree plantations of river valleys // *Nauka. Thought*. - 2020. - Vol.10. - №1. - P. 22-47
13. Oliveiraa N., Del Ríoa M., Forresterb D.I., Rodríguez-Soalleirod R., Pérez-Cruzadod C., Cañellasa I., Sixto H. Mixed short rotation plantations of *Populus alba* and *Robinia pseudoacacia* for biomass yield // *Forest Ecology and Management*, №410, 2018, p. 48–55
14. Ostadabbas, H., Weippert, H., Behr, F.-J. Using the synergy of QFIELD for collecting data on-site and QGIS for interactive map creation by ALKIS® data extraction and implementation in PostgreSQL for urban planning processes // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* – 2020, - ISPRS Archives 43(B4). - P. 679-683
15. Puchałka, R., Dyderski, M.K., Vítková, M., (...), Koprowski, M., Jagodziński, A.M. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) range contraction and expansion in Europe under changing climate // *Global Change Biology*. – 2021. - 27(8). - P.1587-1600
16. Schwarzel, K., Zhang LL, Montanarella, L., Wang Y.H., Sun G. How afforestation affects the water cycle in drylands: A process-based comparative analysis // *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*. – 2019. – Vol. 26(2) - P. 944-959
17. Sílvia Poblador, Anna Lupon, Eugènia Martí, Francesc Sabater, Santiago Sabaté, Susana Bernal The influence of the invasive alien nitrogen-fixing *Robinia pseudoacacia* L. on soil nitrogen availability in a mixed Mediterranean riparian forest // *European Journal of Forest Research*, December 2019, Volume 138, issue 6, PP 1083-1093
18. Vítková, M., Sádlo, J., Roleček, J., (...), Müllerová, J., Pyšek, P. *Robinia pseudoacacia*-dominated vegetation types of Southern Europe: Species composition, history, distribution and management // *Science of the Total Environment*. – 2020. - №707,134857